



OsziWissen

Oszilloskop-Simulator Bedienerhandbuch

Vertikalablenkung, Zeitbasis und Trigger — Simulator für Lehre und Selbststudium

Stand: Oktober 2026

Oszilloskop-Simulator — Bedienerhandbuch

Inhalt

Teil 1 — Das Oszilloskop	3
1 Wozu dieser Simulator	3
2 Aufbau der Oberfläche	4
3 Erfassung: Run, Stop, Single und Autoset	5
4 Die Kanäle	6
5 Die Zeitbasis	7
6 Der Trigger	7
7 Die Triggerarten	9
8 Cursor	13
9 Messungen	15
10 Der Bildschirm und seine Marken	17
11 Der Mathekanal	18
12 Der Analogbetrieb	19
Teil 2 — Der Funktionsgenerator	22
13 Aufbau und Vorschau	22
14 Die Signalformen	23
15 Die Sondersignale	24
16 Die Ausgänge koppeln	26
17 Was das Modell leistet und was nicht	26

Teil 1 — Das Oszilloskop

1 Wozu dieser Simulator

Ein Oszilloskop zeigt nicht das Signal, sondern einen Ausschnitt daraus — und welcher Ausschnitt das ist, entscheidet allein die Einstellung des Geräts. Wer zum ersten Mal davorsitzt, dreht an Knöpfen, bis irgendetwas stehen bleibt, und hat hinterher kein Bild davon, warum es stehen bleibt.

Dieser Simulator trennt die beiden Unbekannten. Er bringt einen eigenen Funktionsgenerator mit, dessen Signal bis auf die letzte Stelle bekannt ist, und zeigt daneben ein Oszilloskop, an dem sich jede Einstellung verstellen lässt. Was auf dem Schirm erscheint, ist dann keine Überraschung mehr, sondern die Folge einer Einstellung, die man selbst vorgenommen hat.

Er kann zweierlei sein: ein **DSO**, also ein Gerät mit Speicher, Messfunktionen und Vorgeschichte — und ein **analoges** Oszilloskop mit Leuchtschirm, bei dem der Strahl bei jedem Trigger neu von links nach rechts läuft. Der Kippschalter über den Bedienfeldern schaltet um. Kapitel 12 beschreibt, was im Analogbetrieb anders ist und warum.



Bild 1 – Der Reiter **Übungen**. Jede Aufgabe baut das Gerät neu auf, würfelt die Werte neu und prüft die Lösung.

Zum Üben gibt es einen dritten Reiter: **Übungen** stellt dreiunddreißig geführte Aufgaben in zehn Gruppen bereit, vom ersten brauchbaren Bild über die Triggerarten bis zum Mathekanal und zum Analogbetrieb. Jede Aufgabe baut das Gerät selbst auf, würfelt ihre Werte bei jedem Aufruf neu, prüft die Lösung und bietet auf Wunsch einen Tipp und den vollständigen Lösungsweg. Dieses Handbuch beschreibt das Gerät; die Aufgaben erklären sich selbst.

Der Simulator bildet kein bestimmtes Gerät nach. Die Bezeichnungen folgen dem, was auf Geräten von Rohde & Schwarz, Keysight oder Tektronix steht; die Triggerarten tragen deshalb ihre englischen Namen, denn unter diesen Namen findet man sie am Gerät wieder.

Er läuft im Browser, ohne Installation und ohne Netzzugang. Gespeichert werden nur die Einstellung unter **Darstellung**, die gewählten Kurvenfarben und der Stand der Übungen; ein Neuladen der Seite stellt sonst den Ausgangszustand wieder her.

2 Aufbau der Oberfläche

Der Simulator hat drei Seiten, zwischen denen die Reiter am oberen Rand umschalten: **Oszilloskop**, **Funktionsgenerator** und **Übungen**. Oszilloskop und Generator arbeiten die ganze Zeit; der Generator erzeugt sein Signal auch dann weiter, wenn gerade die Oszilloskop-Seite zu sehen ist. Ausgang A liegt fest an Kanal 1, Ausgang B an Kanal 2 — wie zwei Tastköpfe, die man nicht umstecken kann.

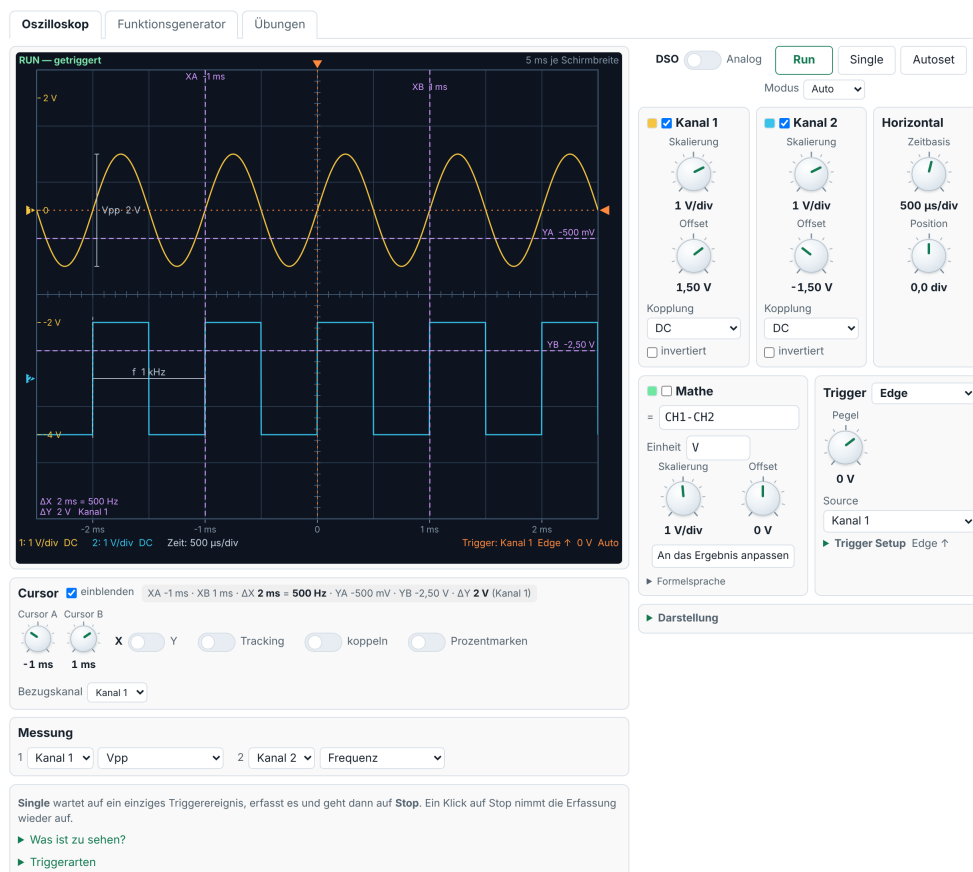


Bild 2 – Die Seite **Oszilloskop**. Links der Schirm, darunter Cursor und Messung; rechts die Bedienung.

Links steht der Schirm, darunter die Leiste **Cursor** und darunter **Messung**. Rechts oben liegen der Kippschalter **DSO / Analog**, die Tasten **Run**, **Single** und **Autoset** sowie das Feld **Modus**. Darunter folgen in einer Reihe die drei Kästen **Kanal 1**, **Kanal 2** und **Horizontal** — dreimal dasselbe Bauteil in drei Ausführungen, oben der gerasterte Knopf für den Maßstab, darunter der stetige für die Lage. Darunter stehen **Mathe** und **Trigger** nebeneinander, ganz unten lässt sich **Darstellung** aufklappen. Im Analogbetrieb entfallen Mathe und Messung; der Kasten **Analog** tritt hinzu.

Die Drehknöpfe

Alle Knöpfe werden gleich bedient: mit gedrückter Maustaste ziehen — nach oben oder nach rechts dreht auf —, am Musrad drehen, oder nach einem Klick mit den Pfeiltasten gehen. Auf einem Tastschirm wird gewischt statt gezogen.

Gerasterte Knöpfe: Skalierung und Zeitbasis rasten in der Folge 1–2–5 ein, wie am Gerät. Zwischenwerte gibt es nicht.

Stetige Knöpfe: Offset, Pegel, Position, die Triggerparameter und die beiden Cursorsknöpfe laufen stufenlos; die Anzeige unter dem Knopf nennt den Wert.

Doppelklick stellt zurück: **Offset** und **Position** auf null, den **Triggerpegel** in die Mitte des Signals, die gerasteten Knöpfe auf ihren Ausgangswert.

Kurzer Druck ohne Ziehen öffnet bei einem gerasteten Knopf die Liste aller Stufen. Von 10 V/div auf 20 mV/div kommt man damit in einem Griff statt in elf.

Der Schirm

Der Schirm zeigt **10 Teilungen waagerecht** und **8 senkrecht**. Abgelesen wird stets als Zahl der Teilungen mal Koeffizient: eine Spannung als $U = n \cdot K$ mit n Teilungen und dem Ablenkoeffizienten K in V/div, eine Zeit ebenso mit der Zeitbasis in s/div.

Links oben steht der Betriebszustand, rechts oben die Zeit, die eine ganze Schirmbreite umfasst. Die Zeile unter dem Raster nennt links je Kanal den Ablenkoeffizienten und die Kopplung sowie die Zeitbasis, rechts die Triggereinstellung in Kurzform.



20 µs/div
50 µs/div
100 µs/div
200 µs/div
500 µs/div
1 ms/div
2 ms/div
5 ms/div

Bild 3 – Die Liste der Stufen, die ein kurzer Druck auf einen gerasteten Knopf öffnet. Die eingestellte Stufe ist hervorgehoben.

3 Erfassung: Run, Stop, Single und Autoset

Die drei Tasten rechts oben steuern, ob das Gerät erfasst, und das Feld **Modus** daneben, was es tut, wenn es kein Triggerereignis findet.



Bild 4 – Die Erfassung: **Run** leuchtet grün, solange das Gerät läuft.

Run / Stop: Dieselbe Taste hält an und nimmt wieder auf. Im Lauf steht dort **Run** in Grün; ein Klick friert das gerade stehende Bild ein, und die Taste zeigt **Stop** in Rot. Ein weiterer Klick lässt die Erfassung weiterlaufen. War der Schirm leer, bleibt er auch im angehaltenen Zustand leer — einfrieren lässt sich nur, was wirklich erfasst wurde.

Single: Das Gerät wartet auf ein einziges Triggerereignis, erfasst es und geht dann auf **Stop**. Solange es wartet, ist die Taste hervorgehoben. Das ist der Weg zu einem einmaligen Vorgang, der sich nicht wiederholt.

Autoset: Stellt in einem Zug Zeitbasis, Ablenkkoeffizienten, Lage und Triggerpegel so ein, dass ein brauchbares Bild entsteht. Sind beide Kanäle eingeschaltet, bekommt jeder seine eigene Hälfte des Schirms, so dass sich die Kurven nicht überschneiden. Autoset schaltet die Triggerart auf **Edge** zurück.

Modus Auto: Findet das Gerät kein Triggerereignis, läuft die Zeitablenkung frei weiter. Es ist dann zwar ein Bild zu sehen, aber es wandert sichtbar über den Schirm — genau daran erkennt man einen falsch eingestellten Pegel.

Modus Normal: Ohne Triggerereignis bleibt der Schirm leer. Das ist unbequemer und ehrlicher: es wird nur gezeigt, was auch wirklich getriggert wurde.

Im Analogbetrieb entfallen **Run** und **Single** — ein Gerät ohne Speicher kann nichts einfrieren. Die beiden Modi bleiben: **Auto** lässt die Zeitablenkung ohne Trigger frei laufen, **Normal** hält den Strahl dunkel.

Der Weg zu einem stehenden Bild

1. **Kanal wählen:** Im Feld **Source** der Triggerbox den Kanal einstellen, auf den getriggert werden soll. 2. **Pegel setzen:** Den Knopf **Pegel** so drehen, dass die Marke am rechten Rand mitten in der Flanke liegt. Ein Doppelklick auf den Knopf nimmt diese Arbeit ab: er legt den Pegel in die Mitte zwischen den gemessenen Spitzenwerten. 3. **Modus prüfen:** Auf **Normal** stellen. Steht das Bild, war der Pegel richtig. Bleibt der Schirm leer, liegt der Pegel außerhalb des Signals.

4 Die Kanäle

Jeder Kanal hat seinen eigenen Kasten mit immer demselben Aufbau: der Haken neben dem Namen schaltet ihn ein und aus, darunter folgen **Skalierung**, **Offset**, **Kopplung** und der Haken **invertiert**.

Skalierung: Der Ablenkkoeffizient in Volt je Teilung, zwölf Stufen von 2 mV/div bis 10 V/div in der Folge 1–2–5. Ausgangswert ist 1 V/div. Je kleiner der Wert, desto größer erscheint das Signal — und desto eher läuft es oben oder unten aus dem Bild.

Offset: Verschiebt die Kurve senkrecht, um bis zu vier Teilungen nach oben oder unten in Schritten von 0,1 Teilungen. Angezeigt wird die Verschiebung als Spannung, also Teilungen mal Ablenkkoeffizient. Daraus folgt eine Eigenheit, die auch das Gerät hat: beim Umschalten der Skalierung bleibt die Nullmarke stehen, aber die angezeigte Offsetspannung ändert sich mit.

Kopplung: **DC** zeigt das Signal, wie es ist. **AC** zieht den Gleichanteil ab und lässt nur den Wechselanteil stehen — nützlich für eine kleine Welligkeit auf einer großen Gleichspannung. **GND** legt den Eingang auf 0 V; die Kurve wird zur waagerechten Linie und zeigt, wo die Nulllinie des Kanals liegt.

invertiert: Kehrt das Signal um. Die Umkehr sitzt im Vertikalverstärker, also vor allem anderen — Trigger, Messungen, Cursor und der Mathekanal sehen das umgekehrte Signal. Zusammen mit **ADD** im Analogbetrieb ergibt sie die Differenz zweier Kanäle; siehe Kapitel 12.



Bild 5 – Der Kasten von Kanal 1. Unter jedem Knopf steht der eingestellte Wert.

Farbe: Das farbige Feld neben dem Kanalnamen ist zugleich die Farbwahl. Ein Klick öffnet die Farbauswahl des Browsers; die gewählten Farben gelten für Kurve, Marken und Beschriftung und bleiben über ein Neuladen hinweg erhalten. **Zurücksetzen** im Feld **Darstellung** stellt auch die Grundfarben wieder her.

Bei **AC** rechnet der Simulator den Gleichanteil der Signalform aus und zieht ihn ab. Die Kurve steht deshalb sofort um 0 V — das Einschwingen eines echten Koppelkondensators gibt es hier nicht.

5 Die Zeitbasis

Der Kasten **Horizontal** steht rechts neben den beiden Kanälen und trägt die beiden Knöpfe, die über die Zeitachse entscheiden.

Zeitbasis: Die Zeit je waagerechter Teilung, einundzwanzig Stufen von 100 ns/div bis 500 ms/div in der Folge 1–2–5. Ausgangswert ist 500 μ s/div, die Schirmbreite also 5 ms. Rechts oben auf dem Schirm steht dieser Wert noch einmal als Zeit je Schirmbreite — die Zahl, die man im Kopf braucht, um abzuschätzen, wie viele Perioden ins Bild passen.

Position: Verschiebt den Triggerzeitpunkt waagerecht, um bis zu fünf Teilungen nach links oder rechts. Nach links geschoben zeigt der Schirm mehr von dem, was *nach* dem Triggerereignis geschah, nach rechts mehr von der Vorgeschichte. Der Nullpunkt der Zeitachse bleibt dabei der Triggerzeitpunkt.

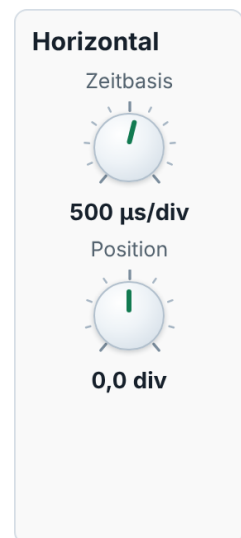


Bild 6 – Zeitbasis und Position.
Die Schirmbreite ist stets das Zehnfache der Zeitbasis.

Was nach Stop noch da ist

Beim Anhalten schreibt der Simulator den sichtbaren Bereich und seine Umgebung fort: aufgezeichnet werden drei Schirmbreiten um den Triggerpunkt, mit 6000 Stützstellen. Dreht man danach an **Zeitbasis** oder **Position**, bleibt das Bild eingefroren und lässt sich in diesem Vorrat verschieben und dehnen. Geht man über seinen Rand hinaus, endet die Kurve einfach — genau wie an einem Gerät, dessen Aufzeichnungslänge erschöpft ist.

Im Analogbetrieb gibt es diesen Vorrat nicht, und **Position** bleibt ohne Wirkung auf die Vorgeschichte: der Durchlauf beginnt im Augenblick des Triggers am linken Rand.

6 Der Trigger

Der Trigger entscheidet, **welche** Stelle des Signals in der Mitte der Zeitachse landet. Ohne ihn lief das Bild davon. Die Triggerbox trägt alles, was man ständig braucht: die Triggerart neben der Überschrift, darunter den Pegel und die Parameter, die gerade zu dieser Art gehören. Was seltener angefasst wird, steht im aufklappbaren Feld **Trigger Setup**.

Die Triggerart

Die Auswahl neben der Überschrift wählt eine von acht Arten. Sie bestimmt, was in der Box darunter überhaupt zu sehen ist: jede Art bringt ihre eigenen Parameter mit, und nur die werden angezeigt. Kapitel 7 geht die Arten der Reihe nach durch. Im Analogbetrieb entfällt die Auswahl — dort gibt es nur **Edge**.

Pegel

Die Schwelle, die das Signal schneiden muss. Der Knopf läuft genau zwischen dem oberen und dem unteren Schirmrand des Quellkanals; verschiebt man den Kanal mit **Offset** oder ändert seine **Skalierung**, wandern die Anschläge mit. Ein Pegel außerhalb des Signals ist damit zwar immer noch einstellbar, aber nie unerreichbar.

Ein **Doppelklick auf den Pegelknopf** misst die Spitzenwerte des Quellkanals und legt den Pegel in die Mitte dazwischen — der erste Griff, wenn das Bild nicht steht. Dort ist die Flanke am steilsten, und genau deshalb ist die Mitte und nicht die Null der sinnvolle Rückfallwert: ein Signal mit Gleichanteil kreuzt die Null unter Umständen gar nicht.

Die Parameter der Triggerart

Rechts neben dem Pegel stehen, kleiner und untereinander, die Parameter der gewählten Art — keiner bei **Edge**, bis zu drei bei **Setup & Hold**. Es sind dieselben Drehknöpfe wie überall: ziehen, Mausrad, Pfeiltasten, Doppelklick für den Ausgangswert.

Pegel 2 — die zweite Schwelle bei **Window**, **Runt** und **Slope**, in den Erläuterungen des Geräts **Upper Level** genannt. Sie läuft wie der Pegel über den Schirmbereich des Quellkanals.

Width, **Timeout**, **Delay**, **Runt Width**, **Transition Time**, **Setup Time**, **Hold Time** — die Zeiten der jeweiligen Art. Sie laufen logarithmisch von rund 100 ns bis 100 ms, damit sich mit einem Knopf sowohl ein schmaler Störimpuls als auch eine lange Lücke einstellen lässt.

Data Level — bei **Setup & Hold** die Schwelle auf der Datenleitung, also dem jeweils anderen Kanal.

Source

Der Kanal, auf den getriggert wird. Er muss nicht derselbe sein, den man gerade betrachtet — bei zwei zusammenhängenden Signalen triggert man auf den Takt und sieht sich die Daten an.

Trigger Setup

Hinter dem Ausklapper stehen die Wahlfelder der gewählten Art — **Slope**, **Condition**, **Polarity**, **Range** — und darunter zwei Größen, die für **jede** Triggerart gelten:

Hysteresis verlangt, dass das Signal den Pegel um ein Band verlässt, bevor ein Durchgang als Flanke zählt. Das Band wird in Prozent der Schirmhöhe angegeben. Auf einer flachen, verrauschten Flanke verhindert es, dass dasselbe Rauschen mehrfach triggert.

Hold-Off hält das Gerät nach einem Trigger für die eingestellte Zeit taub. Bei einem Burst oder einem Signal mit mehreren ähnlichen Flanken je Muster rastet die Ablenkung sonst mal hier, mal dort ein; mit einer Totzeit, die über das Muster hinweg reicht, findet sie wieder dessen Anfang.

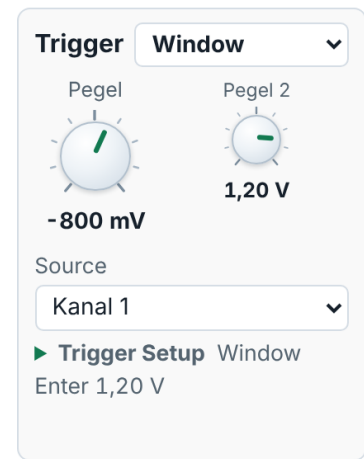


Bild 7 – Die Triggerbox, hier mit der Triggerart **Window**: links der Pegel, rechts daneben die zweite Schwelle.

Beide stehen als Knopf nebeneinander, beide im Ausgangszustand auf **aus** beziehungsweise **keiner**. Die Zusammenfassung in der Kopfzeile des Ausklappers führt sie mit, sobald sie eingestellt sind — damit eine wirksame, aber unsichtbare Einstellung nicht in Vergessenheit gerät.

Woran man ist

Oben links auf dem Schirm steht der Zustand: **RUN — getriggert** heißt, dass eine passende Stelle gefunden wurde und das Bild stillsteht. **RUN — Auto, freier Durchlauf** heißt, dass keine gefunden wurde und die Zeitablenkung frei läuft. **RUN — warte auf Trigger** steht im Modus **Normal** bei leerem Schirm.

7 Die Triggerarten

Acht Triggerarten stehen zur Wahl. **Edge** ist der Grundfall; die übrigen sieben suchen eine bestimmte Unregelmäßigkeit und sind dafür gemacht, den einen falschen Takt unter tausend richtigen herauszugreifen. Die Zahlenwerte stellt man an den Knöpfen neben dem Pegel ein, die Wahlfelder stehen im aufklappbaren **Trigger Setup**; neben dessen Titel steht die Einstellung in Kurzform, auch wenn das Feld zugeklappt ist.

Type	Wonach gesucht wird	Parameter
Edge	die gewählte Flanke schneidet den Level	Slope
Width	Puls, dessen Breite die Bedingung erfüllt	Polarity, Condition, Width
Timeout	Signal bleibt zu lange auf einer Seite des Levels	Range, Timeout
Window	Eintritt, Austritt oder Verweildauer im Fenster	Condition, Upper Level, Time
Runt	Puls, der die obere Schwelle nicht erreicht	Polarity, Condition, Upper Level
Slope	Übergangszeit zwischen beiden Schwellen	Slope, Condition, Upper Level
Delay	Flanke, der eine Pause ohne Flanke vorausgeht	Slope, Delay
Setup & Hold	Datenwechsel im Fenster um die Clock-Flanke	Clock Edge, Setup Time, Hold Time, Data Level

Tabelle 1 – Die acht Triggerarten mit ihren Parametern.

Vier Arten arbeiten mit **zwei Schwellen**: Window, Runt und Slope brauchen außer dem **Pegel** noch **Pegel 2**; Setup & Hold braucht ein **Data Level** im jeweils anderen Kanal. Beide erscheinen auf dem Schirm als eigene Linie.

Die acht Arten im Einzelnen

Edge: Die gewählte Flanke schneidet den Pegel. **Slope** legt fest, ob steigend, fallend oder beides gilt. Alles andere baut darauf auf.

Width: Ein Puls der unter **Polarity** gewählten Polarität, dessen Breite die Bedingung **Longer Than**, **Shorter Than** oder **Any** erfüllt.

Getriggert wird auf die Flanke, die den Puls *beendet* — vorher weiß das Gerät ja nicht, wie breit er wird. Damit fängt man einen Störimpuls, der kürzer ist als jeder reguläre Takt.

Timeout: Das Signal bleibt länger als die eingestellte Zeit auf einer Seite des Pegels, ohne ihn zu schneiden; **Range** wählt welche Seite. Getriggert wird in dem Augenblick, in dem die Zeit *abläuft*, nicht erst bei der nächsten Flanke. Das ist der Trigger für einen ausgefallenen Takt oder eine hängende Busleitung.

Window: Zwei Schwellen spannen ein Band auf. **Condition** wählt zwischen **Enter** und **Exit** — dem Eintritt in das Band und dem Austritt — sowie **Stay Inside** und **Stay Outside**, die zusätzlich eine Verweildauer verlangen. Damit prüft man Pegelgrenzen.

Runt: Ein Puls schneidet die untere Schwelle, erreicht die obere aber nicht und fällt wieder zurück — in Logik mit zu schwachem Treiber ein verbreiteter Fund. Mit **Edge** ist er nicht zu fassen, denn am Pegel sieht er aus wie jeder andere Puls.

Slope: Die Zeit, die das Signal von der unteren zur oberen Schwelle braucht, verglichen mit dem eingestellten Wert. So findet man eine Flanke, die zu flach geworden ist — etwa durch eine Lastkapazität.

Delay: Getriggert wird nur auf eine Flanke, der mindestens die Delay-Zeit *ohne* weitere Flanke vorausgeht. So fängt man die erste Flanke eines Bursts. Bei einem gleichmäßigen Signal gibt es keine solche Flanke; dann bleibt der Schirm im Modus Normal leer.

Setup & Hold: **Source** ist der Clock, der andere Kanal die Data-Leitung mit eigener Schwelle. Getriggert wird auf die *Verletzung*: Data wechselt innerhalb des Fensters von **Setup Time** vor bis **Hold Time** nach der Clock-Flanke. Der Triggerpunkt ist die Clock-Flanke.

Trigger **Runt**

Pegel 0 V

Pegel 2 800 mV

Runt Width 100 µs

Source Kanal 1

▼ **Trigger Setup** Runt + > 100 µs 800 mV

Condition Longer Than

Polarity Positive

Ein Puls schneidet die untere Schwelle, erreicht die obere nicht und fällt wieder zurück.

Hysteresis aus

Hold-Off keiner

Beides gilt für jede Triggerart. Die **Pegel Hysteresis** verlangt, dass das Signal den Pegel um dieses Band verlässt, bevor ein Durchgang als Flanke zählt — gegen Rauschen auf einer flachen Flanke. **Hold-Off** hält das Gerät nach einem Trigger für die eingestellte Zeit taub — damit es bei einem Burst auf dessen Anfang einrastet statt auf jeden Takt darin.

Bild 8 – Die Triggerbox für die Art **Runt**: Pegel, Pegel 2 und Runt Width als Knöpfe, die Wahlfelder im Setup.

Ein Beispiel: Runt

Trigger

Setup & Hold ▾

Pegel

0 V

Setup Time

100 µs

Hold Time

20 µs

Data Level

0 V

Source

Kanal 1 ▾

▼ Trigger Setup

Setup & Hold Clk ↑ 100 µs / 20 µs

Clock Edge

Rising ▾

Source ist der Clock, der andere Kanal die Data-Leitung. Getriggert wird auf die Verletzung: Data wechselt zwischen Setup Time vor und Hold Time nach der Clock-Flanke.

Hysteresis

aus

Hold-Off

keiner

Beides gilt für jede Triggerart. Die **Pegel Hysteresis** verlangt, dass das Signal den Pegel um dieses Band verlässt, bevor ein Durchgang als Flanke zählt — gegen Rauschen auf einer flachen Flanke. **Hold-Off** hält das Gerät nach einem Trigger für die eingestellte Zeit taub — damit es bei einem Burst auf dessen Anfang einrastet statt auf jeden Takt darin.

Bild 9 – Setup & Hold braucht drei Parameter: Setup Time, Hold Time und das Data Level im anderen Kanal.

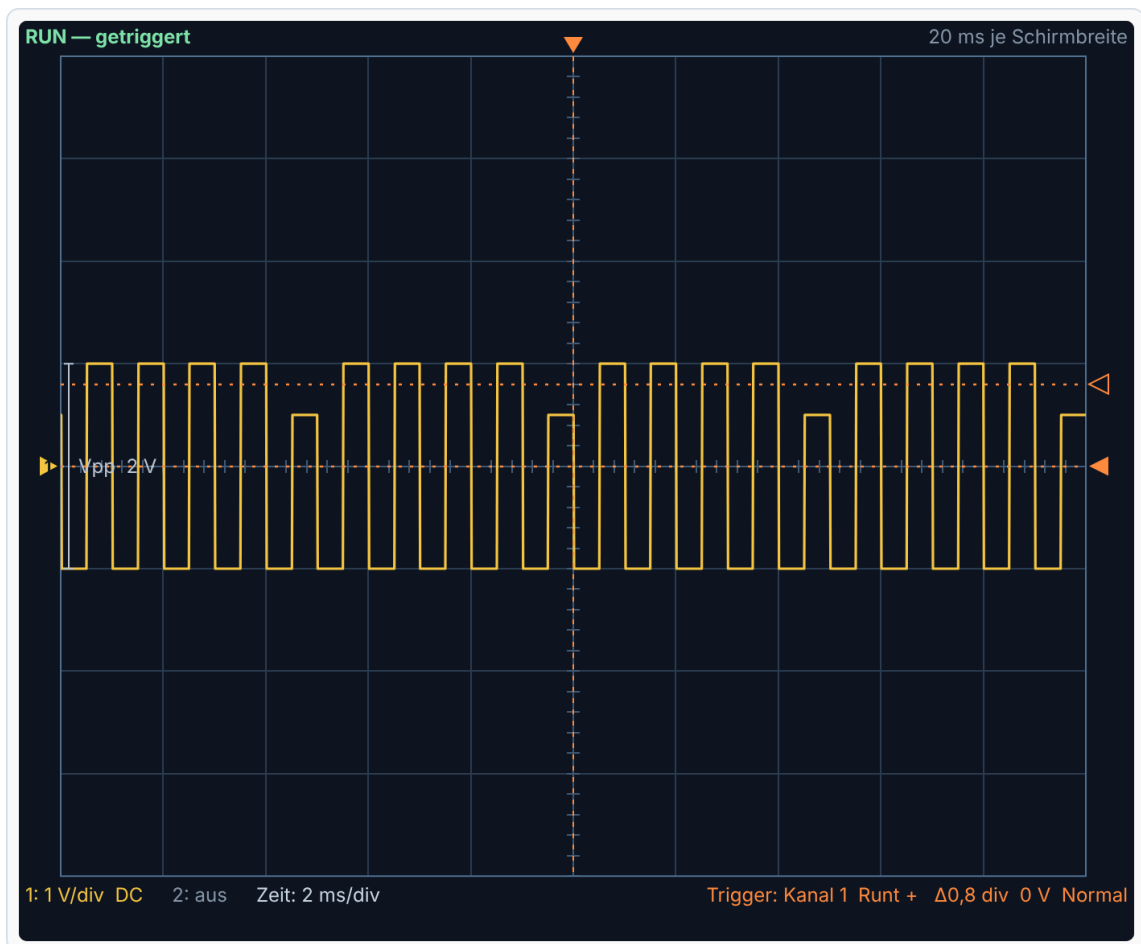


Bild 10 – Das Sondersignal **Runt-Pulsfolge** mit dem Trigger **Runt** gefangen, Modus Normal.

Eingestellt ist der **Pegel** auf 0 V und **Pegel 2** auf 800 mV. Die vollen Pulse erreichen 1 V und werden deshalb verworfen; der halbhohe bleibt unter 800 mV und löst aus. Weil der Modus auf **Normal** steht, ist das stehende Bild der Beweis: hätte der Trigger nichts gefunden, wäre der Schirm leer.

Ein Beispiel: Timeout

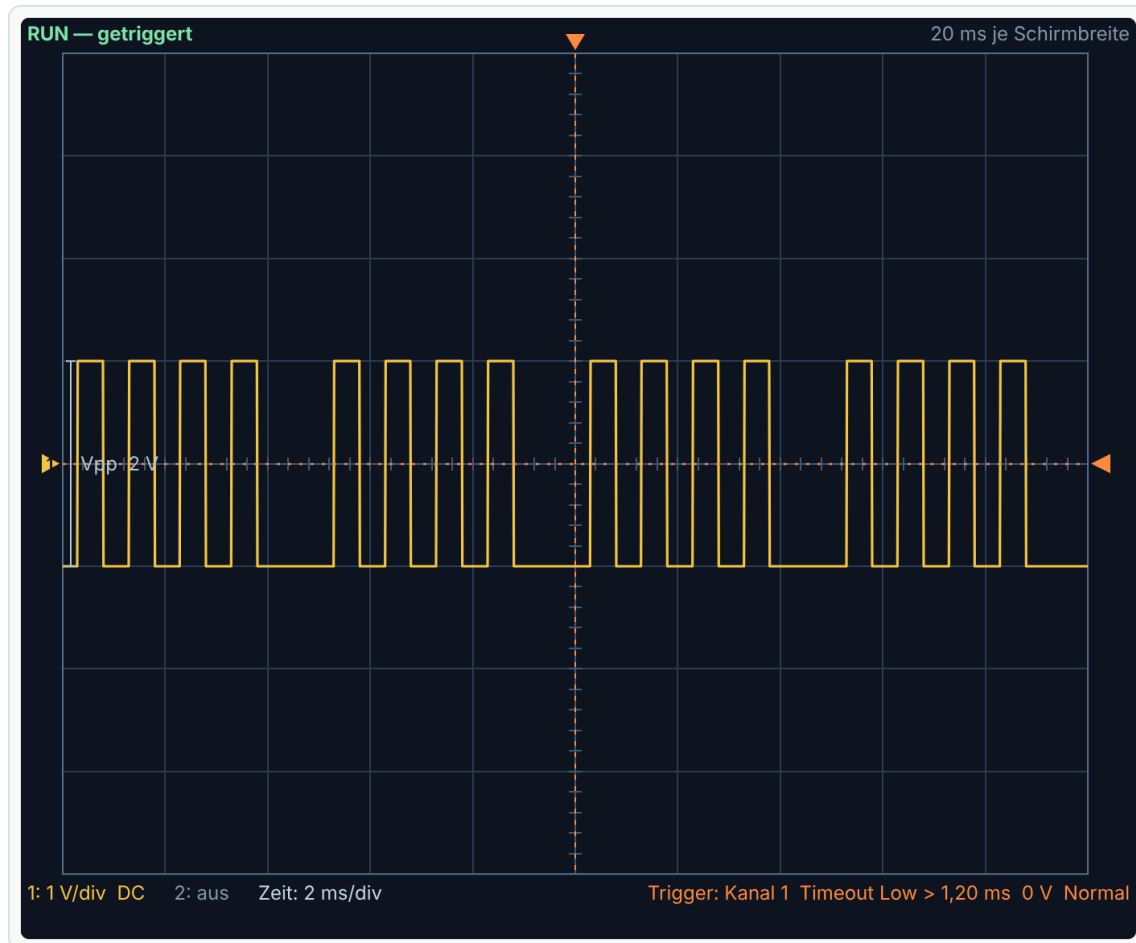


Bild 11 – Das Sondersignal **Fehlender Takt** mit dem Trigger **Timeout**, Stays Low.

Die Takte folgen mit 1 kHz, der untere Pegel dauert also 500 μ s. Eine eingestellte Zeit von 1,2 ms überlebt nur die Lücke, in der ein Takt ausfällt. Stellt man 2,5 ms ein, ist auch sie zu kurz, und der Schirm bleibt leer.

8 Cursor

Die Leiste unter dem Schirm blendet zwei Cursorpaare ein und zeigt ihre Werte. Der Haken **einblenden** neben dem Wort **Cursor** schaltet sie ein.

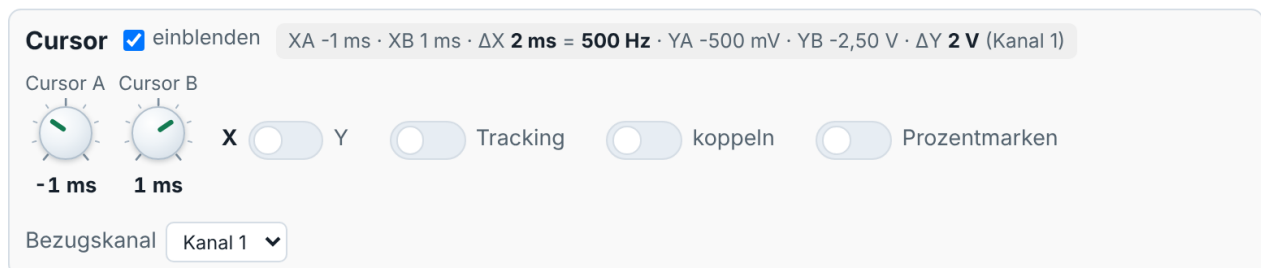


Bild 12 – Die Cursorleiste: die beiden Knöpfe, daneben die Wahl der Achse und drei Kippschalter.

Die Werte stehen rechts neben dem Titel und bleiben beim Verschieben ständig aktuell. Darunter folgen die beiden Knöpfe **Cursor A** und **Cursor B** und rechts davon:

X / Y: Schaltet um, was die beiden Knöpfe bewegen — die senkrechten Marken auf der Zeitachse oder die waagerechten auf der Spannungsachse. Die jeweils andere Richtung behält ihre Stellung.

Tracking: Die Y-Cursor folgen der Kurve des Bezugskanals an den Stellen der X-Cursor. Die Wahl der Achse ist dann gesperrt, weil nur noch die Zeit zu setzen ist. Im Analogbetrieb fehlt dieser Schalter — ein Gerät, das den Strahl ablenkt und nicht misst, weiß nicht, wo die Kurve verläuft.

koppeln: Bewegt beide Marken gemeinsam mit festem Abstand. Praktisch, wenn man eine einmal gemessene Dauer an einer anderen Stelle wieder anlegen will.

Prozentmarken: Siehe unten.

Bezugskanal: Der Kanal, auf den sich die Spannungswerte beziehen — und im Tracking der Kanal, dem die Y-Cursor folgen. Steht er falsch, stimmt die Zahl nicht; der Simulator weist darauf hin, wenn der gewählte Kanal abgeschaltet ist oder wenn im ADD-Betrieb die beiden Kanäle auf verschiedenen Stufen stehen.

Die Werte stehen sowohl an der Cursorlinie auf dem Schirm als auch in der Leiste. Dort erscheint zum Abstand der X-Cursor nicht nur die Zeit, sondern auch ihr Kehrwert als Frequenz — die schnellste Art, eine Periodendauer in eine Frequenz umzurechnen.

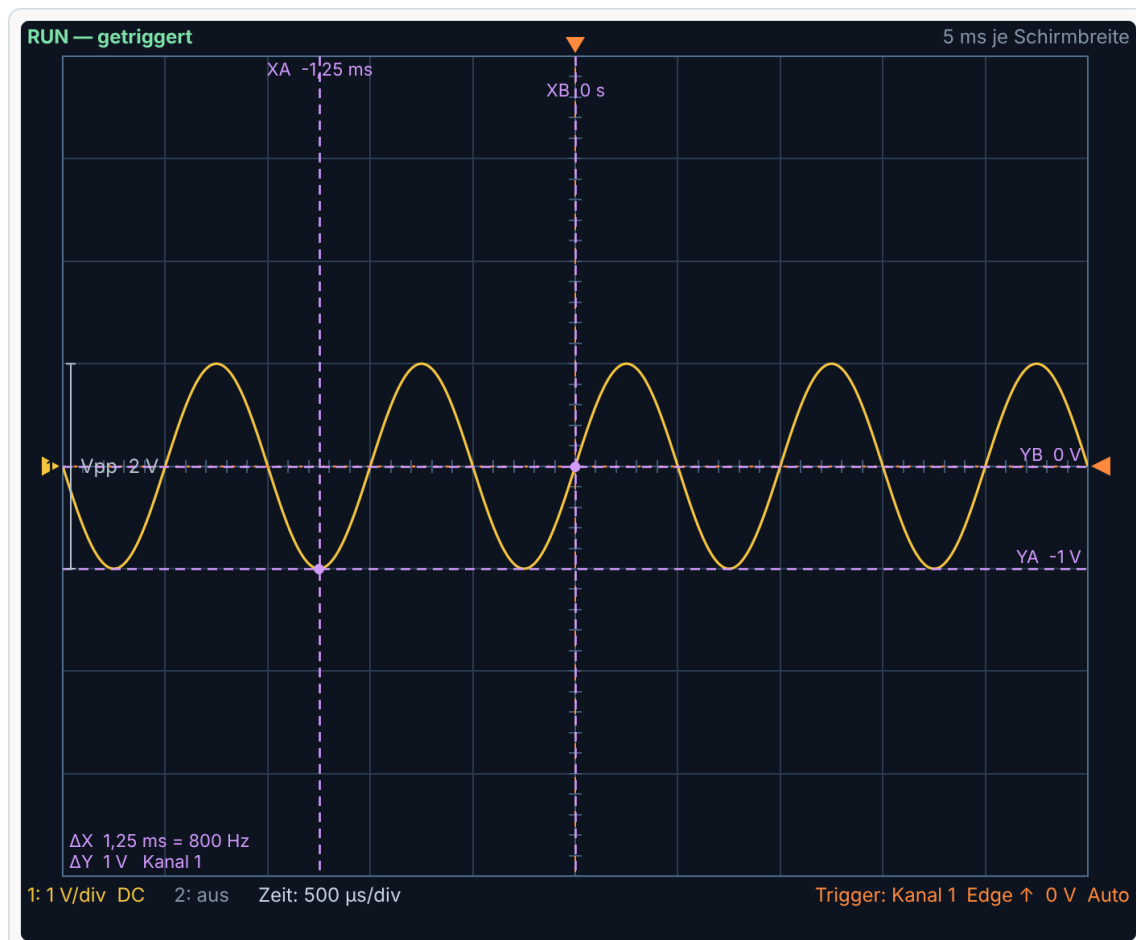


Bild 13 – Zwei X-Cursor im Tracking auf Kanal 1. Die Y-Cursor sitzen von selbst auf der Kurve.

Prozentmarken

Eingeschaltet spannt jedes Cursorpaar 0 % bis 100 % auf; dazwischen erscheinen dünne Marken bei 10 %, 50 % und 90 %. Null Prozent liegt dabei immer unten beziehungsweise links, gleich in welcher Reihenfolge man die beiden Marken gesetzt hat.

Beide Achsen tragen ihre Marken gleichzeitig, und genau darauf kommt es an: für eine Anstiegszeit legt man zuerst die Y-Cursor auf Tal und Spitze der Flanke — damit stehen 0 % und 100 % fest —, schaltet dann auf **X** um und schiebt die senkrechten Marken auf die Kreuzungen der Kurve mit der 10%- und der 90%-Linie. ΔX ist die Anstiegszeit. Die waagerechten Marken bleiben dabei stehen.

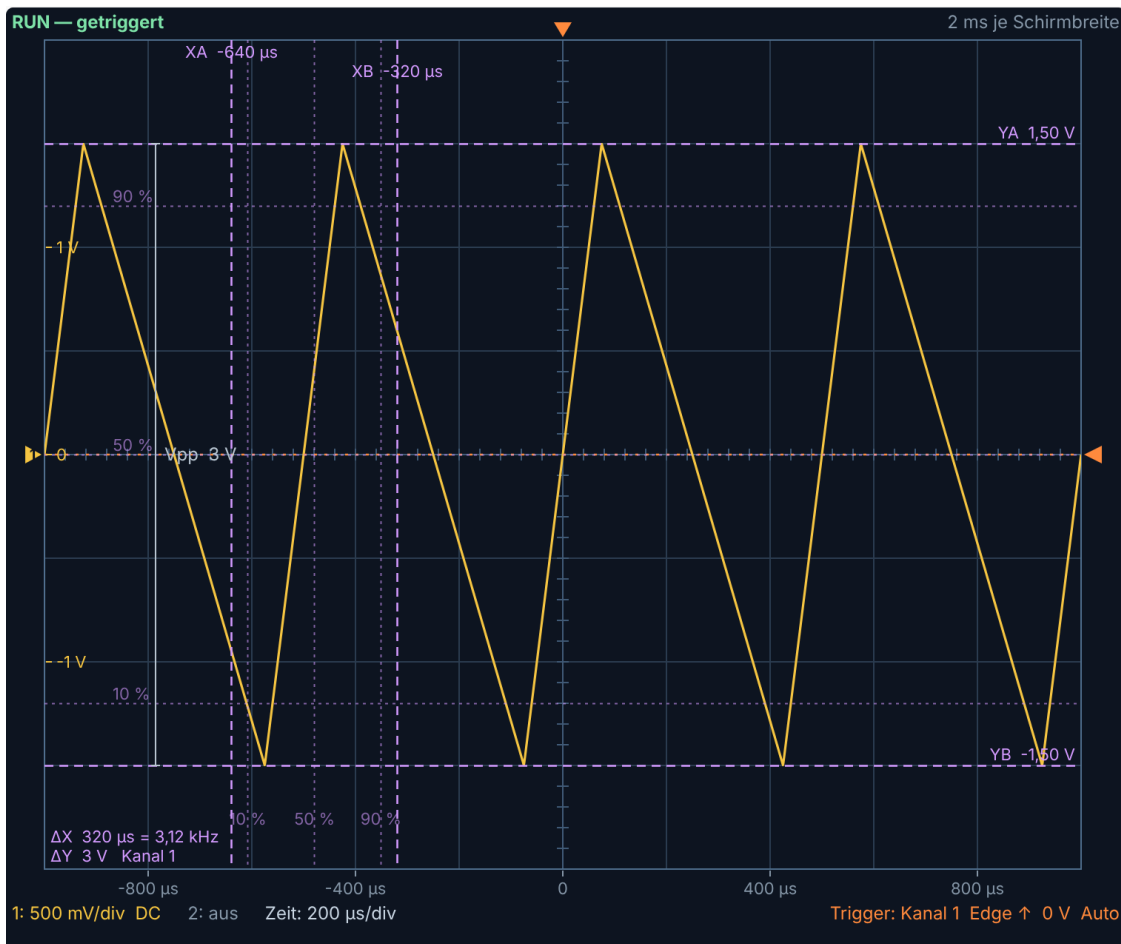


Bild 14 – Anstiegszeit von Hand: die Y-Cursor auf Tal und Spitze, die X-Cursor auf den Kreuzungen mit 10 % und 90 %.

So hat man am analogen Gerät gemessen, und so misst man hier im Analogbetrieb, wo es keine Messfunktion gibt. Im DSO nimmt einem die Messgröße **Anstiegszeit** dieselbe Arbeit ab.

9 Messungen

Der Kasten **Messung** unter der Cursorleiste bietet zwei Plätze. Jeder bekommt einen Kanal und eine Messgröße; die Werte erscheinen unmittelbar an der Kurve, zu der sie gehören. Als Kanal steht neben Kanal 1 und Kanal 2 auch **Mathe** zur Wahl.

Messung

1 Kanal 1 ▾ Vpp ▾

2 Kanal 2 ▾ Frequenz ▾

Bild 15 – Zwei Messplätze mit je einem Kanal und einer Größe.

Das Aufklappmenü teilt die Größen in zwei Gruppen. Unter **Spannung** stehen **Vpp**, **Vmax**, **Vmin**, **Mittelwert** und **Effektivwert**, unter **Zeit** **Frequenz**, **Periodendauer**, **Anstiegszeit**, **Abfallzeit**, **Pulsbreite +** und **Tastverhältnis +**. Anstiegs- und Abfallzeit werden zwischen 10 % und 90 % des Hubs gemessen, Pulsbreite und Tastverhältnis am positiven Puls.

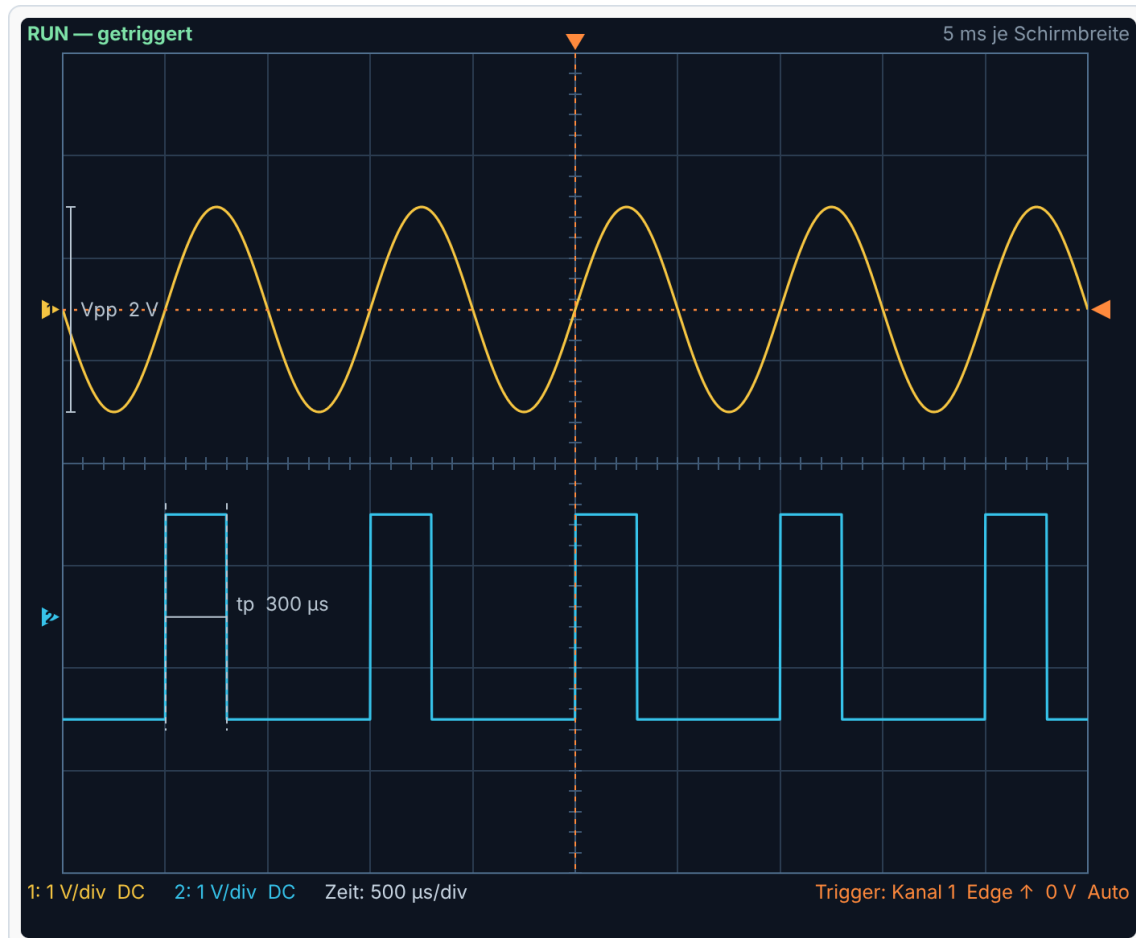


Bild 16 – Zwei Messungen an der Wellenform: Vpp auf Kanal 1 als Klammer, die Frequenz als Maßstrich.

Spannungswerte: stehen am linken Rand auf ihrer eigenen Höhe. **Vpp** bekommt zusätzlich eine Klammer zwischen dem gemessenen Minimum und Maximum, damit zu sehen ist, worauf sich der Wert bezieht.

Zeitwerte: stehen senkrecht mittig in der Kurve. Zwei hellgraue Marken zeigen Anfang und Ende der gemessenen Strecke, dazwischen läuft ein Maßstrich. Messlinien und Zahlenwerte sind einheitlich hellgrau; die Zuordnung zum Kanal ergibt sich aus der Lage an dessen Kurve.

Gemessen wird nur über den sichtbaren Ausschnitt. Steht der Schirm leer, gibt es auch keine Messwerte. Die Werte werden einmal je Sekunde neu ermittelt, nicht mit der Bildrate — sonst zappelte die letzte Stelle unablässig, besonders bei einem nicht getriggerten Signal.

Im Analogbetrieb entfällt der Kasten. Ein Gerät ohne Speicher hat nichts, woran es rechnen könnte; dort bleiben Raster und Cursor.

10 Der Bildschirm und seine Marken

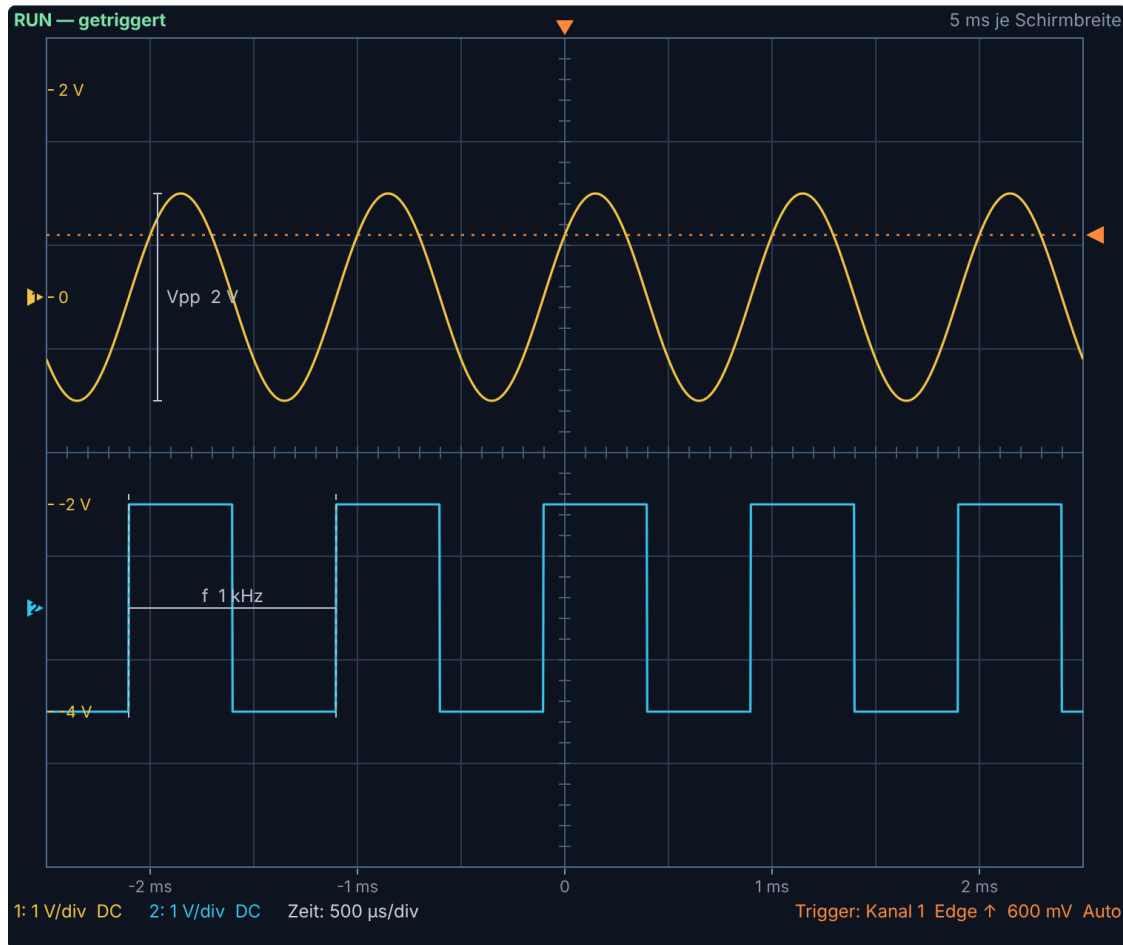


Bild 17 – Der Schirm mit allen Marken: links die Nullmarken der Kanäle, rechts der Triggerpegel, oben der Triggerzeitpunkt.

Das Raster hat 10 mal 8 Teilungen; die mittlere Waagerechte und die mittlere Senkrechte sind heller gezeichnet und tragen eine feine Unterteilung in Fünftel. An dieser Unterteilung liest man Bruchteile einer Teilung ab, ohne zu schätzen.

Nullmarken: Am linken Rand steht je eingeschaltetem Kanal ein Dreieck mit seiner Nummer auf der Höhe von 0 V. Es wandert mit dem **Offset**.

Triggerpegel: Am rechten Rand, als ausgefülltes Dreieck, dazu eine fein gestrichelte Waagerechte durch das Bild. Bei den Arten mit zwei Schwellen kommt ein zweites, nur umrissenes Dreieck für **Pegel 2** dazu. Die gestrichelten Linien blenden drei Sekunden nach der letzten Änderung aus; die Dreiecke bleiben.

Triggerzeitpunkt: Oben als Dreieck, fortgesetzt durch eine gestrichelte Senkrechte. Er ist der Nullpunkt der Zeitachse und wandert mit **Position**. Im Analogbetrieb entfällt er — dort beginnt der Durchlauf am linken Rand.

Achsen: Unter dem Raster steht die Zeitachse mit ihrer Beschriftung, am linken Rand innerhalb des Rasters die Spannungsachse. Sie gilt immer für genau einen Kanal — für den, an dem zuletzt gedreht wurde; im Analogbetrieb entfällt sie.

Übersteuerung: Läuft ein Kanal oben oder unten aus dem Bild, erscheint vor seinem Messwert ein Ausrufezeichen und die Fußzeile kennzeichnet ihn. Ein abgeschnittenes Signal liefert falsche Messwerte, und zwar ohne dass man es der Zahl ansieht.

Darstellung

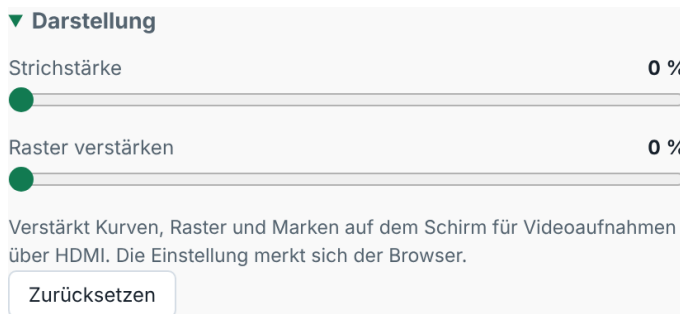


Bild 18 – Zwei Regler verstärken Kurven und Raster. Der Browser merkt sich die Einstellung.

Über eine HDMI-Verbindung oder in einer Videoaufnahme geht der Kontrast eines dunklen Schirms leicht verloren. **Strichstärke** verdickt Kurven und Marken, **Raster verstärken** hebt das Raster an. **Zurücksetzen** stellt beides auf null und holt auch die Grundfarben der Kanäle zurück.

11 Der Mathekanal

Der Kasten **Mathe** bildet einen dritten Kanal, der nicht aus einer Buchse kommt, sondern aus einer Formel. Der Haken neben dem Namen schaltet ihn ein; er erscheint dann als dritte Kurve mit eigener Farbe, eigener Skalierung und eigener Lage.

Die Formel

In das Feld hinter dem Gleichheitszeichen schreibt man den Ausdruck. Zur Verfügung stehen:

Größen: *CH1*, *CH2*, *t* — die Zeit ab dem Triggerpunkt — und *pi*.

Rechenarten: + - * / ^ und Klammern.

Funktionen: *abs* *sqrt* *sin* *cos* *tan* *exp* *ln* *log10* *sign* sowie *min* und *max* mit zwei Argumenten.

d(...) bildet die Ableitung nach der Zeit, **int(...)** das Integral ab dem linken Schirmrand.

Die Formel wird bei jeder Eingabe neu zerlegt. Ist sie unvollständig oder falsch, steht die Fundstelle unter dem Feld — nicht erst beim Zeichnen, sondern beim Tippen.

Einheit: Das Feld daneben beschriftet nur; gerechnet wird mit den Zahlenwerten. Das Produkt zweier Spannungen ist eben keine Spannung mehr — liegt an Kanal 2 ein Strom als Spannungsabfall über einem Shunt, dann ist *CH1*CH2* die Momentanleistung, und die Einheit heißt W.

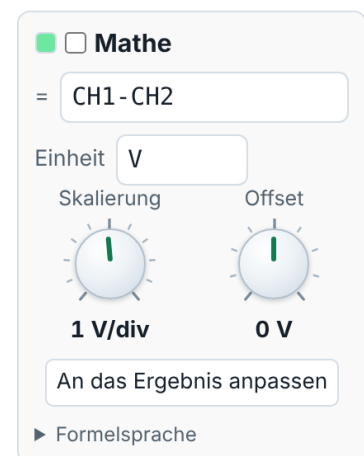


Bild 19 – Der Mathekanal: Formel, Einheit, Skalierung und Lage. Die Formelsprache steht im Ausklapper darunter.

Skalierung und Lage

Beide Knöpfe arbeiten wie die eines Eingangs, nur läuft die Stufenfolge des Mathekanals über wesentlich mehr Zehnerpotenzen — von 1 n bis 5 G je Teilung. Eine Ableitung oder ein Integral liefert eben ganz andere Zahlen als eine Spannung. Bei so vielen Stufen lohnt sich der kurze Druck auf den Knopf, der die ganze Liste öffnet.

An das Ergebnis anpassen nimmt die Arbeit ab: die Taste sucht Spitze und Tal des gerechneten Verlaufs und stellt Stufe und Lage so ein, dass er etwa sechs Teilungen hoch und mittig steht.

Was der Mathekanal sieht

Er rechnet mit dem, was die Eingangsstufen liefern — also nach Kopplung, Umkehr und Begrenzung. Ist ein Eingang übersteuert, rechnet der Mathekanal mit dem abgeschnittenen Signal weiter, und das Ergebnis ist falsch. Eine eigene Begrenzung hat er nicht; er läuft höchstens aus dem Bild.

Gerechnet wird einmal je Bild über den sichtbaren Ausschnitt. Cursor und Messfunktion können den Mathekanal als Bezug wählen; im Analogbetrieb gibt es ihn nicht.

12 Der Analogbetrieb

Der Kippschalter über den Bedienfeldern macht aus dem DSO ein analoges Oszilloskop. Das ist kein Anzeigeeffekt: Der Strahl beginnt bei jedem Triggerereignis links und läuft nach rechts, der Leuchtstoff hält das Bild eine Weile fest, und was dazwischen geschieht, ist verloren. Alles, was Speicher voraussetzt, verschwindet dabei — **Single**, die Messfunktion, der Mathekanal, die Vorgeschichte und sieben der acht Triggerarten.

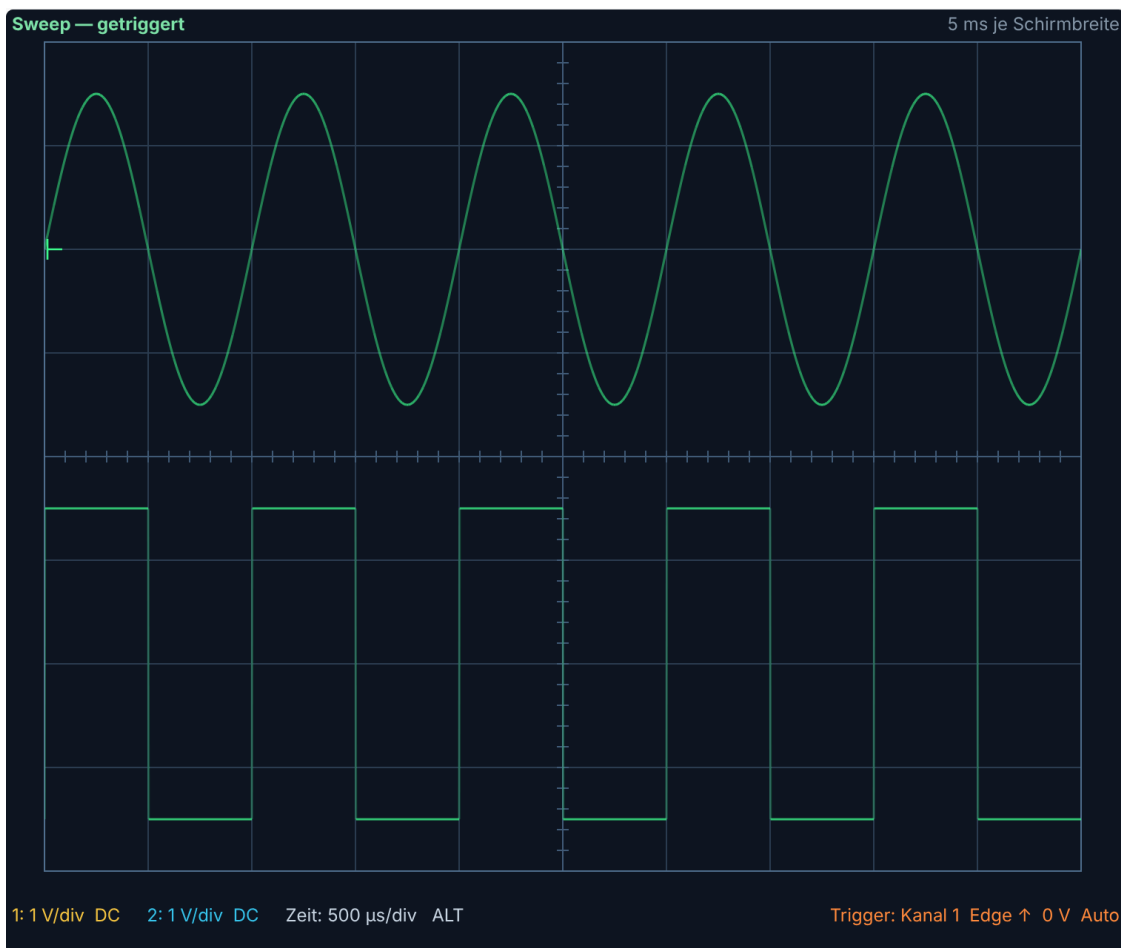


Bild 20 – Zwei Kanäle im Analogbetrieb. Beide Spuren schreiben in derselben Leuchtfarbe; auseinander hält man sie an ihrer Lage.

Leuchtschirm



Bild 21 – Intensität, Nachleuchten und der Vertikalbetrieb.

Intensität regelt, wie viel Licht ein Durchlauf schreibt. Die Helligkeit einer Stelle hängt außerdem davon ab, wie schnell der Strahl dort war: eine steile Flanke wird dunkler als ein waagerechtes Dach, und ein selten wiederholter Vorgang dunkler als ein häufiger. Genau das ist die Eigenheit, die ein analoges Gerät von einem digitalen unterscheidet.

Nachleuchten ist die Zeit, in der der Leuchtstoff abklingt, von 2 ms bis 2 s. Zu sehen ist die Wirkung nur dort, wo aufeinander folgende Durchläufe verschieden sind — bei einem stehenden Bild schreibt jeder Durchlauf dasselbe.

Vertikalbetrieb

Ein Strahl, zwei Kanäle: das Gerät muss ihn teilen. Dafür gibt es drei Verfahren.

ALT: Je Durchlauf wird ein Kanal geschrieben, danach der andere. Bei kurzer Zeitbasis wiederholt sich das so oft, dass beide Spuren ruhig dastehen. Bei langer Zeitbasis dauert ein Durchlauf lange, jeder Kanal kommt selten an die Reihe, und das Bild flackert.

CHOP: Der Strahl springt während des Durchlaufs ständig zwischen beiden Kanälen hin und her, hier mit 500 kHz. Bei langsamer Zeitbasis liegen die Striche enger als ein Bildpunkt und die Spur wirkt durchgehend. Wird der Durchlauf kurz, bleiben je Kanal nur noch wenige Striche übrig, und die Kurve zerfällt.

ADD: Beide Ablenkungen werden addiert; auf dem Schirm steht eine einzige Spur. Zusammen mit **invertiert** in einem der Kanäle ergibt das die *Differenz* — so hat man gemessen, bevor es Mathekanäle gab.

Die Faustregel lautet also: **CHOP** bei langsamer, **ALT** bei schneller Zeitbasis. Die Grenze liegt an echten Geräten um 0,5 bis 1 ms je Teilung.

Bei **ADD** müssen beide Kanäle auf derselben Stufe stehen, sonst addiert das Gerät Ablenkungen und nicht Spannungen, und jede Ablesung daran ist falsch. Der Hinweis unter der Cursorleiste sagt es, wenn die Stufen auseinanderlaufen.

Trigger ohne Vorgeschichte

Der Durchlauf beginnt im Augenblick des Triggers. Der **linke Schirmrand ist die Zeit null**; was davor geschah, hat das Gerät nicht gespeichert und kann es nicht nachreichen. Genau diese Lücke schließt das DSO, das ständig mitschreibt und beim Trigger anhält.

Als Triggerart bleibt nur **Edge** mit steigender oder fallender Flanke. **Hold-Off** wirkt wie am Gerät und ist hier das Mittel gegen ein unruhiges Burst-Bild: er hält die Ablenkung so lange taub, bis der Anfang des Musters wieder an der Reihe ist. Der Triggerpegel wird links am Rand durch ein liegendes **T** angezeigt, solange man ihn verstellt.

Die **Cursor** bleiben verfügbar — auch das entspricht dem Gerät: spätere analoge Oszilloskope hatten ein digitales Overlay, das Marken einblendete und ihren Abstand ausrechnete. Es kannte die Kurve nicht, sondern nur die Stellung seiner eigenen Marken und die Ablenkoeffizienten. Deshalb fehlt im Analogbetrieb das **Tracking**, und deshalb sind die **Prozentmarken** dort der Weg zur Anstiegszeit.

Teil 2 — Der Funktionsgenerator

13 Aufbau und Vorschau

Die zweite Seite trägt oben eine Vorschau beider Ausgänge und darunter je einen Kasten für **Ausgang A** und **Ausgang B**. Ausgang A liegt an Kanal 1 des Oszilloskops, Ausgang B an Kanal 2.

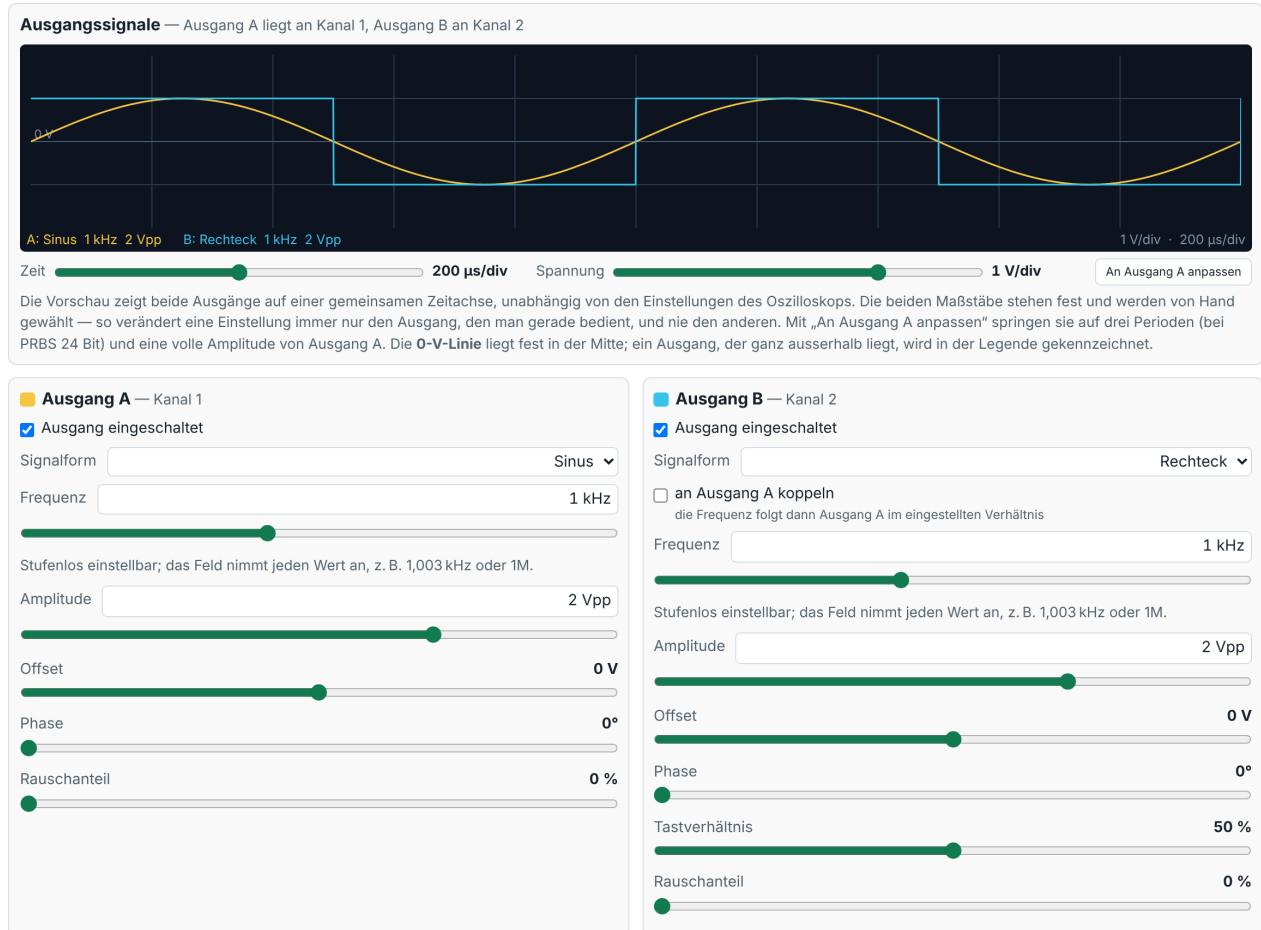


Bild 22 – Die Seite **Funktionsgenerator** mit der Vorschau und den beiden Ausgangskasten.

Die Vorschau zeigt beide Ausgänge auf einer gemeinsamen Zeitachse — **unabhängig** von den Einstellungen des Oszilloskops. Ihre beiden Maßstäbe, **Zeit** und **Spannung**, stehen fest und werden von Hand gewählt. Das ist Absicht: so verändert eine Einstellung immer nur den Ausgang, den man gerade bedient, und nie die Darstellung des anderen. Die Taste **An Ausgang A anpassen** springt auf drei Perioden — bei PRBS auf 24 Bit — und eine volle Amplitude von Ausgang A.

Die 0-V-Linie liegt fest in der Mitte. Ein Ausgang, der mit seinem Offset ganz aus dem Bild läuft, wird in der Legende gekennzeichnet, statt stillschweigend zu verschwinden.

14 Die Signalformen

Ausgang A — Kanal 1

☒ Ausgang eingeschaltet

Signalform Sinus ▼

Frequenz 1 kHz

Stufenlos einstellbar; das Feld nimmt jeden Wert an, z. B. 1,003 kHz oder 1M.

Amplitude 3 Vpp

Offset 0 V

Phase 0°

Rauschanteil 0 %

Bild 23 – Ein Ausgangskasten. Sichtbar sind nur die Regler, die zur gewählten Signalform gehören.

Jeder Ausgang hat vier Einstellungen, die immer da sind, und weitere, die von der Signalform abhängen und nur dann erscheinen.

Frequenz: Stufenlos von 1 Hz bis 20 MHz. Der Schieber geht fein, das Feld daneben nimmt jeden Wert an — auch 1,003 kHz oder, kurz geschrieben, 1M. Bei PRBS heißt das Feld **Bitrate**, denn dort ist es die Dauer eines Bits.

Amplitude: Von 10 mVpp bis 20 Vpp, als Spitze-Tal-Wert angegeben, wie am Funktionsgenerator üblich.

Offset: Der Gleichanteil, ± 5 V. Er verschiebt das Signal selbst — nicht zu verwechseln mit dem **Offset** am Kanal des Oszilloskops, der nur die Darstellung verschiebt.

Phase: 0° bis 360°. Sie verschiebt den Ausgang gegen die gemeinsame Zeitachse; damit stellt man zwei Signale gegeneinander ein.

Rauschanteil: Mischt bis zu 20 % Rauschen zu, bezogen auf die Amplitude. Damit lässt sich vorführen, warum ein Trigger bei verrauschtem Signal zittert.

Signalform	Was sie erzeugt	Eigene Regler
Sinus	die reine Schwingung	—
Rechteck	zwei Pegel mit einstellbarem Verhältnis	Tastverhältnis 2–98 %
Puls	Pulsfolge mit fester Breite, von der Frequenz unabhängig	Pulsbreite
Dreieck	gleichmäßiger Anstieg und Abfall	Symmetrie 0–100 %
Sägezahn	Rampe mit steiler Rückflanke	Symmetrie 0–100 %
PRBS	Pseudozufallsfolge nach ITU-T O.150	Folgenlänge 127 bis 32767 bit
Rauschen	bandbegrenztes Rauschen	—
Gleichspannung	nur der Offset	—

Tabelle 2 – Die acht Grundformen. **Dreieck** und **Sägezahn** teilen dieselbe Funktion: die Symmetrie legt fest, welcher Anteil der Periode auf die steigende Flanke fällt — 50 % ergibt das Dreieck, 100 % den Sägezahn.

Die **Pulsbreite** wird als absolute Zeit gespeichert, nicht als Anteil der Periode. Ändert man die Frequenz, bleibt die Breite stehen und nur ihr Anteil wandert — so wie an einem Pulsgenerator. Sie bleibt dabei zwischen 0,5 % und 95 % der Periode; engere Verhältnisse ergeben Strukturen, die weder Trigger noch Darstellung sinnvoll auflösen könnten.

15 Die Sondersignale

Unter dem Trennstrich im Menü **Signalform** steht eine zweite Gruppe: sechs Signale, die eine bestimmte Unregelmäßigkeit mitbringen. Sie sind dafür gemacht, die Triggerarten aus Kapitel 7 an einem Signal zu üben, bei dem man weiß, was drin steckt.

Ausgang A — Kanal 1

☒ Ausgang eingeschaltet

Signalform

Fehlender Takt

Frequenz

1 kHz

Stufenlos einstellbar; das Feld nimmt jeden Wert an, z. B. 1,003 kHz oder 1M.

Amplitude

2 Vpp

Offset

0 V

Phase

0°

Tastverhältnis

50 %

jede N-te Periode

N = 5

Jeder N-te Takt fällt aus. Trigger Timeout, Stays Low, Zeit etwas größer als eine Periode.

Rauschanteil

0 %

Bild 24 – Ein Sondersignal, hier **Fehlender Takt**. Unter den Reglern steht, womit es sich fangen lässt.

Bis auf den Burst tragen alle ihre Besonderheit in **jeder N-ten Periode**; N ist einstellbar von 2 bis 20. Ein zweiter Regler bestimmt, wie stark die Abweichung ausfällt — seine Bedeutung und seine Beschriftung hängen vom Signal ab.

Sondersignal	Besonderheit	Dazu passt
Runt-Pulsfolge	jeder N-te Puls bleibt auf einstellbarer Höhe stecken	Runt
Pegolverletzung	jede N-te Periode verlässt das Toleranzband	Window
Fehlender Takt	jeder N-te Takt fällt aus	Timeout
Glitch	schmaler Störimpuls in der Pause	Width, Shorter Than
Flankenfehler	jede N-te steigende Flanke ist zu flach	Slope, Longer Than
Burst	Takte in Gruppen mit Pause dazwischen	Delay, Single

Tabelle 3 – Die sechs Sondersignale und die Triggerart, für die sie gedacht sind.

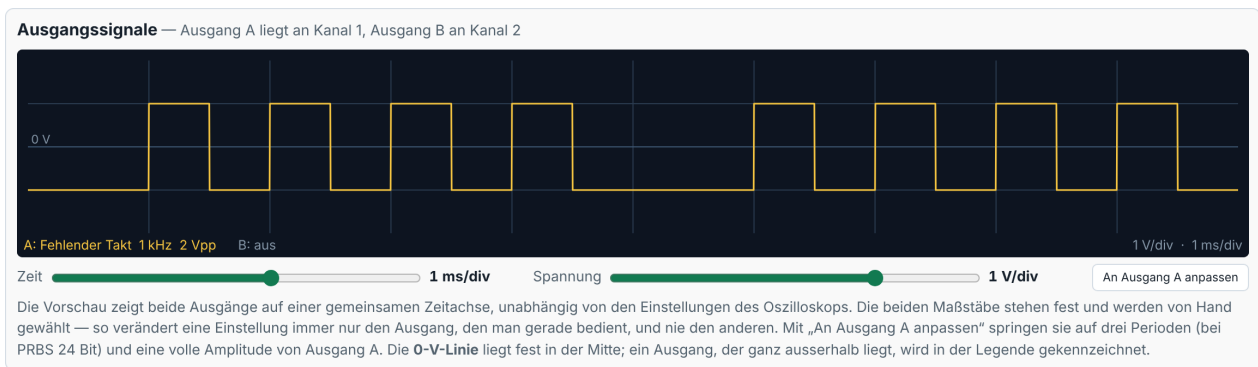


Bild 25 – Fehlender Takt in der Vorschau: jeder fünfte Takt bleibt aus. Auf dem Oszilloskop ist diese Lücke ohne Timeout-Trigger kaum festzuhalten.

Beim **Burst** bedeutet der erste Regler nicht ein N, sondern die Zahl der Takte je Gruppe; der zweite stellt den Anteil der Pause ein. Beim **Glitch** und beim **Flankenfehler** nennt der zweite Regler eine Zeit, beim **Runt** und bei der **Pegelverletzung** eine Höhe in Prozent der Amplitude.

16 Die Ausgänge koppeln

Ausgang B lässt sich an Ausgang A koppeln. Dann folgt seine Frequenz der von A in einem einstellbaren Verhältnis, und sein Frequenzfeld wird gesperrt.

☒ an Ausgang A koppeln
die Frequenz folgt dann Ausgang A im eingestellten Verhältnis

Verhältnis $f_B : f_A$

1 : 1 2 : 1 3 : 1 5 : 2 1 : 2 1 : 3

ergibt 3 kHz — ganzes Vielfaches von f_A : bei Trigger auf Ausgang A steht auch Kanal 2 still

Bild 26 – Die Kopplung mit dem Verhältnis $f_B : f_A$ und den Schnelltaben.

Das Verhältnis läuft stufenlos von 0,1 bis 10 und lässt sich auch als Text eingeben. Sechs Schnelltaben stehen bereit: 1 : 1, 2 : 1, 3 : 1, 5 : 2, 1 : 2 und 1 : 3.

Unter dem Regler steht ein Hinweis, der mehr ist als Beiwerk: nur wenn f_B ein **ganzes Vielfaches** von f_A ist, trifft jeder Trigger auf Ausgang A auch denselben Punkt von Ausgang B. Sonst steht Kanal 2 nicht still, sondern springt zwischen mehreren Lagen oder wandert durch. Das ist kein Mangel des Simulators, sondern genau das Verhalten, das man am Gerät sieht — und der Grund, warum man bei zwei Signalen auf das langsamere triggert.

17 Was das Modell leistet und was nicht

Der Simulator rechnet die Kurve aus der Signalfunktion aus, Punkt für Punkt, so fein wie der Schirm es zeigen kann. Er bildet damit die **Bedienlogik** eines Oszilloskops ab, nicht seine Elektronik. Was das im Einzelnen heißt:

Keine Abtastung: Zwischen Signal und Schirm liegt kein Analog-Digital-Umsetzer. Aliasing durch eine zu niedrige Abtastrate gibt es hier deshalb nicht — dafür ist der Sampling-Simulator da. Der Trigger arbeitet aus demselben Grund auch auf sehr schmalen Strukturen zuverlässig, während ein echtes Gerät sie verfehlen kann.

Keine Eingangsstufe: Kein Eigenrauschen, keine Bandbegrenzung, keine Anstiegszeit des Oszilloskops, keine Eingangsimpedanz und kein Tastkopfteiler. Eine Rechteckflanke ist hier wirklich senkrecht.

AC-Kopplung ohne Einschwingen: Der Gleichanteil wird rechnerisch abgezogen. Das Absacken und langsame Zurücklaufen nach dem Umschalten, das ein echter Koppelkondensator zeigt, fehlt.

Begrenzter Datensatz: Nach **Stop** stehen drei Schirmbreiten um den Triggerpunkt zur Verfügung. Darüber hinaus endet die Kurve. Eine Segmentierung oder einen History-Speicher gibt es nicht.

Autoset vereinfacht: Er sucht Spitzenwerte und eine Periodendauer und leitet daraus Zeitbasis, Ablenkkoeffizienten und Pegel ab. Die Suchstrategien echter Geräte sind erheblich aufwendiger.

Ein Durchlauf je Bild: Im Analogbetrieb zeichnet der Simulator je dargestelltem Bild einen Durchlauf, nicht so viele, wie in der Zeit wirklich hineinpassen. Der Durchlauf beginnt dabei am ersten Triggerereignis nach Rücklauf und Hold-Off, die Phase stimmt also; nur die Zahl der Durchläufe je Sekunde ist eine andere. Sichtbar wird der Unterschied bei der Helligkeit sehr schneller Vorgänge.

Der Chopper ist ideal: Er läuft mit genau 500 kHz, ohne Toleranz und ohne Gang. Steht der Generator auf einem Vielfachen davon, rasten Signal und Chopper dauerhaft ineinander ein, und das zerlegte Bild steht still — an einem echten Gerät kriecht es, weil der Chopper ein frei laufender Multivibrator ist. Dass CHOP bei hohen Frequenzen unbrauchbar wird, ist dagegen keine Eigenheit des Modells, sondern der Grund, weshalb es ALT gibt.

Keine FFT: Der Mathekanal rechnet im Zeitbereich. Ein Spektrum gibt es nicht.

Alles, was der Simulator **zeigt**, ist dagegen ernst gemeint: der Triggerpunkt liegt wirklich dort, wo die Bedingung erfüllt ist, ein getriggertes Bild steht wirklich still, und im Modus **Normal** bleibt der Schirm wirklich leer, wenn nichts gefunden wurde. Wer hier eine Einstellung versteht, findet sie am Gerät wieder.