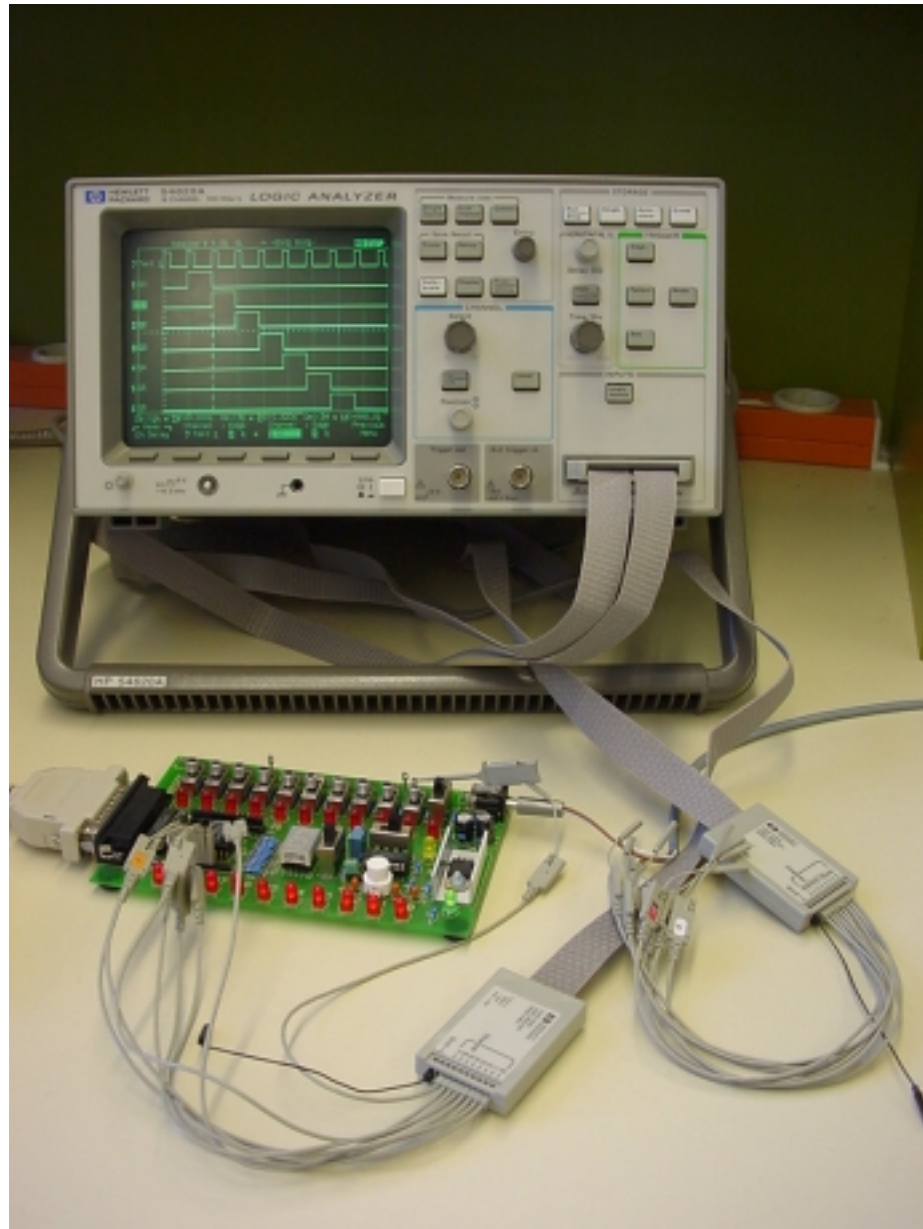


FACHHOCHSCHULE ESSLINGEN

Hochschule für Technik – Standort Göppingen

Fachbereich Mechatronik

Labor Elektrotechnik



Tutorium: Logikanalysator

© Verfasser: Dipl.-Ing. (FH) J. Mack

UEB115

V1.1

08.06.00

1 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|-----------|
| 1. EINFÜHRUNG | 4 |
| 2. FUNKTION DES LOGIKANALYSATORS | 6 |
| 2.1 Zeitanalysator | 6 |
| 2.1.1 Signal-Abtastverfahren | 6 |
| 2.1.2 Flankengesteuerte Abtastung | 8 |
| 2.1.3 Glitch-Erfassung | 9 |
| 2.1.4 Triggerung des Zeitanalysators | 10 |
| Bitmuster-Triggerung | |
| ANSCHLUSS | |
| Flankentriggerung | 11 |
| 2.2 Zustandsanalysator | 12 |
| 2.2.1 Einsatzbereich des Zustandsanalysators | 12 |
| 2.2.2 Taktsignale | 12 |
| 2.2.3 Triggerung des Zustandsanalysators | 12 |
| 2.2.4 Weitere Funktionen des Zustandsanalysators | 12 |
| 2.3 Anschluß an das Zielsystem | 13 |
| 2.3.1 Ohmsche und kapazitive Belastung | 13 |
| 2.4 Zusammenfassung | 14 |
| 3. MESSAUFBAU UND INBETRIEBNAHME (TESTSIGNALPLATINE UND LOGIKANALYSATOR) | 15 |
| 4. ANSCHLUSS UND INBETRIEBNAHME DES LOGIKANALYSATORS | 18 |
| 5. STATUSZEILE UND ZUGEHÖRIGE EINSTELLELEMENTE | 19 |
| 6. EINZELNES SIGNAL AUSWÄHLEN UND POSITIONIEREN | 21 |
| 7. KANAL EIN- BZW. AUSSCHALTEN | 22 |
| 8. KANAL-TITEL (BESCHRIFTUNGEN) EINGEBEN | 23 |
| 9. EINSATZ EINFACHER TRIGGERFUNKTIONEN | 25 |
| 9.1 Anschluß der Tastköpfe und Inbetriebnahme | 25 |
| 9.2 Definition einer Flanken-Triggerbedingung | 25 |
| 9.3 Definition einer Bitmuster-Triggerbedingung (Pattern) | 25 |

| | |
|---|-----------|
| 10. DURCHFÜHRUNG VON MESSUNGEN | 27 |
| 10.1 Messung vorbereiten | 27 |
| 10.2 Cursor-Messung durchführen | 27 |
| 10.3 Automatische Messung durchführen | 28 |
| 11. EINSATZ ERWEITERTER TRIGGERBEDINGUNGEN | 30 |
| 11.1 Tastkopf anschließen | 30 |
| 11.2 Untersuchung des Pulszuges | 31 |
| 11.3 Automatische Messung der Taktperiode | 32 |
| 11.4 Definition einer erweiterten Triggerbedingung | 33 |
| 11.5 Suchen des kurzen Pulses (Störimpuls) | 34 |
| 11.6 Triggern auf den kurzen Puls (Störimpuls) | 35 |
| 11.7 Übersicht über das Menü für die erweiterten Triggerbedingungen | 36 |
| 12. MESSUNGEN MIT LOGIKANALYSATOR UND OSZILLOSKOP | 37 |
| 12.1 Tastkopf anschließen | 37 |
| 12.2 Geräte verbinden und einschalten | 37 |
| 12.3 Triggerbedingung für den Logikanalysator definieren | 38 |
| 12.4 Triggerung des Oszilloskops und Darstellung der Kurvenform | 40 |
| 12.5 Ändern der Triggerbedingung und Darstellung der neuen Kurvenform | 41 |
| 12.6 Manuelle Einstellung eines Oszilloskops für externe Triggerung | 42 |
| 13. LITERATURHINWEISE | 43 |

Übungsziel

Mit den nachfolgenden Übungen soll Schritt für Schritt in die Durchführung von Messungen in Digitalschaltungen mit einem Logikanalysator eingeführt werden.

Im Einzelnen werden folgende Funktionen geübt:

Bedienung der Grundfunktionen
Verwendung einfacher Triggertechniken
Einsatz von erweiterten Triggerbedingungen
Gemeinsamer Einsatz von Oszilloskop und Logikanalysator

1. Einführung

Oszilloskop oder Logikanalysator?

Bei der Wahl zwischen einem Oszilloskop und Logikanalysator zur Lösung von Messaufgaben in der Elektronik entscheiden sich zunächst viele Anwender für das Oszilloskop. Das Oszilloskop ist ihnen zumeist vertraut und auch an jedem Laborarbeitsplatz zu finden. Es ist relativ einfach zu benutzen und ist wohl auch das universellste aller elektronischen Messgeräte. Trotz seiner Vielseitigkeit ist das Oszilloskop jedoch für gewisse Anwendungen in der "digitalen Welt" nur eingeschränkt verwendbar. Gerade in diesen Anwendungsbereichen liegen die Stärken des Logikanalysators. Die Funktionen beider Gerätegruppen überschneiden sich teilweise, sodass in einigen Anwendungen wahlweise ein Logikanalysator oder ein Oszilloskop verwendet werden kann.

Wo ist ein Oszilloskop besser geeignet?

- Wenn eine hohe Amplitudenauflösung erforderlich ist.
- Wenn eine hohe Zeitintervall-Messgenauigkeit erforderlich ist.

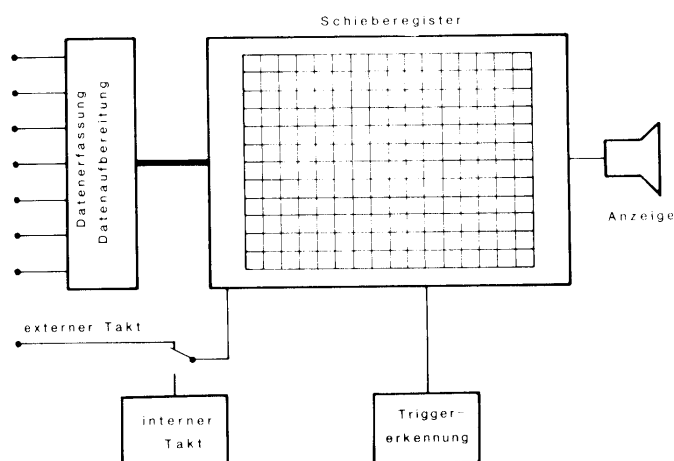
Ein Oszilloskop ist immer dann das "richtige" Messgerät, wenn eine hohe Vertikalauflösung (=Amplitudenauflösung) erforderlich ist, d.h. wenn kleine Spannungsänderungen relevant sind und analysiert werden müssen (z.B. HF-Überlagerungen auf einem Signal). Viele Oszilloskope, insbesondere Digital-Oszilloskope der neuen Generation, bieten außerdem noch eine sehr hohe Horizontalauflösung (=Zeitintervallaufklärung). Mit diesen Geräten können Zeitabstände zwischen Signalereignissen sehr genau gemessen werden. Für eine Bestimmung von Signalparametern ist das Oszilloskop also das optimale Messgerät.

Wo ist ein Logikanalysator besser geeignet?

- Wenn eine Vielzahl von Signalen simultan erfasst und dargestellt werden soll.
- Wenn statt des exakten zeitlichen Signalverlaufs die jeweiligen logischen Werte ("0" oder "1") dargestellt werden sollen.
- Wenn auf parallele Bitmuster getriggert werden muss.

Der Logikanalysator ist aus dem Oszilloskop hervorgegangen. Die beiden Geräte sind insofern vergleichbar, als auch ein Logikanalysator die Eingangssignale in der "Zeitebene" darstellt. d.h. die X-Achse ist der Zeit und die Y-Achse der Spannung zugeordnet. Die Amplitudenauflösung eines Logikanalysators ist jedoch viel geringer als die eines Oszilloskops (sie beschränkt sich auf zwei Stufen, nämlich "0" und "1"), und auch die Zeitintervallaufklärung ist deutlich geringer. Dafür kann ein Logikanalysator acht oder mehr Signale gleichzeitig darstellen, was mit einem Oszilloskop nicht möglich ist. Ein Logikanalysator "bewertet" die Eingangssignale genauso, wie eine Digitalschaltung es tut: Alle Spannungen oberhalb (bzw. unterhalb) der Schwellenspannung werden als "1" (bzw. "0") interpretiert. Anders als ein Oszilloskop kann ein Logikanalysator auf digitale Eingangszustände (Bitmuster) triggern. Ein Logikanalysator ist das "richtige" Messgerät, wenn eine Vielzahl von digitalen Kanälen dargestellt werden soll und auf eine extrem hohe Zeitintervallaufklärung verzichtet werden kann. Wenn feine Amplituden-Details aufgelöst werden müssen, ist ein Logikanalysator ungeeignet.

Besonders nützlich sind Logikanalysatoren, wenn es darum geht, Daten auf einem Bus (z.B. Adress- Daten- oder Steuersignalbus eines Mikroprozessorsystems) oder die Zeitbeziehungen zwischen den verschiedenen Signalen eines Busses zu analysieren. Ein Logikanalysator kann Buszustände dekodieren und in leicht verständlicher Form darstellen.



Prinzipschaltbild eines Logikanalysators

2. Funktion des Logikanalysators

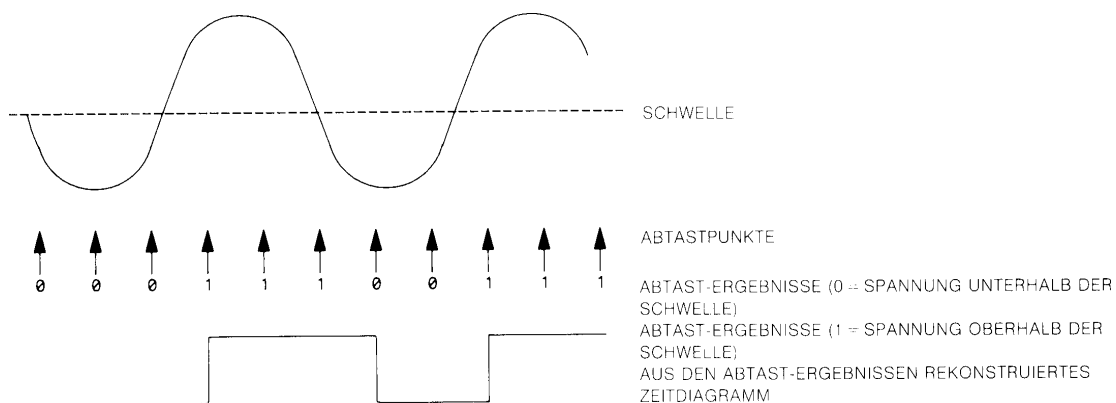
Der Begriff Logikanalysator ist nicht sehr präzise. Genau genommen, enthalten die meisten Logikanalysatoren zwei separate Analysatoren, nämlich einen **“Zeitanalysator”** und einen **“Zustandsanalysator”**.

2.1 Zeitanalysator

Der Zeitanalysator eines Logikanalysators ist einem Oszilloskop sehr ähnlich. Genau wie ein Oszilloskop stellt auch ein Zeitanalysator das Eingangssignal bzw. die Eingangssignale in der “Zeitebene” dar, d.h. die X-Achse ist der Zeit und die Y-Achse der Spannung zugeordnet.

2.1.1 Signal-Abtastverfahren

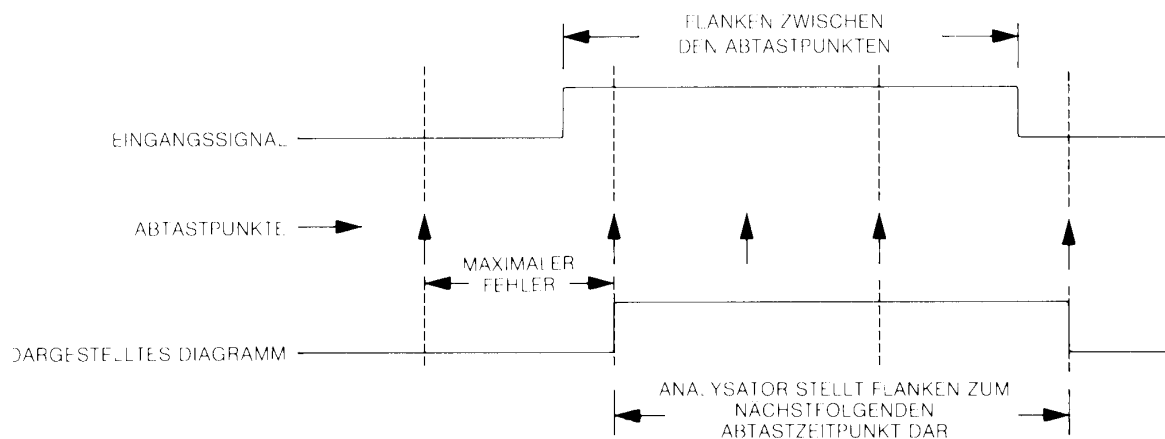
Ein Zeitanalysator tastet das Eingangssignal in regelmäßigen Zeitabständen ab und vergleicht es dabei jedesmal mit der Schwellenspannung. Wenn die Eingangsspannung zum Abtastzeitpunkt höher (bzw. niedriger) als die Schwellenspannung ist, wird der Eingangszustand als “1” (bzw. “0”) gewertet. Die so erhaltenen binären Werte werden geräteintern abgespeichert und erlauben es, das Eingangssignal mit einer - sehr geringen, aber der Problemstellung angemessenen - Auflösung von 1 Bit zu rekonstruieren. Ein Zeitanalysator ist quasi ein Digital-Oszilloskop mit einer Amplitudenauflösung von 1 Bit.



Die Abbildung verdeutlicht, wie das gleiche Eingangssignal einmal von einem Oszilloskop (oberes Diagramm) und zum anderen von einem Logikanalysator (unteres Diagramm) dargestellt wird. Wie man sieht, wird das Sinussignal vom Logikanalysator in ein Rechtecksignal umgewandelt, ein Zeitanalysator ist also für die Analyse von Signalparametern (z.B. Anstiegszeit) ungeeignet. Wenn jedoch Zeitbeziehungen zwischen verschiedenen Signalen dargestellt und analysiert werden sollen, dann ist ein

Zeitanalysator genau das "richtige" Messgerät.

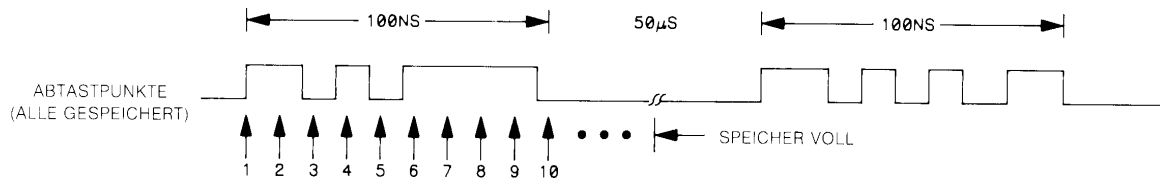
Die Zeitanalyse bleibt jedoch mit einer Zeitunsicherheit behaftet, die von der Abtastrate (Sampling Rate oder -Period) abhängt. Wenn der Eingangszustand eines Signals zu einem bestimmten Abtastzeitpunkt "0" und zum darauf folgenden Abtastzeitpunkt "1" ist (oder umgekehrt), weiß der Zeitanalysator lediglich, dass der Zustand sich in der Zwischenzeit verändert hat; er weiß jedoch nicht, *wann* die Änderung eintrat und setzt den Zeitpunkt der Zustandsänderung mit dem Abtastzeitpunkt gleich.



Die zusammen mit den Signalzuständen gespeicherten Zeiten sind daher mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Der durch die endliche Zeitauflösung des Analysators bedingte Messfehler beträgt im ungünstigsten Falle annähernd eine Abtastperiode. Die Messunsicherheit kann bei diesem Abtastverfahren durch Erhöhen der Abtastrate verringert werden, doch geht dies zu Lasten der maximalen Aufzeichnungslänge, da jeder Abtastpunkt eine Speicherstelle belegt.

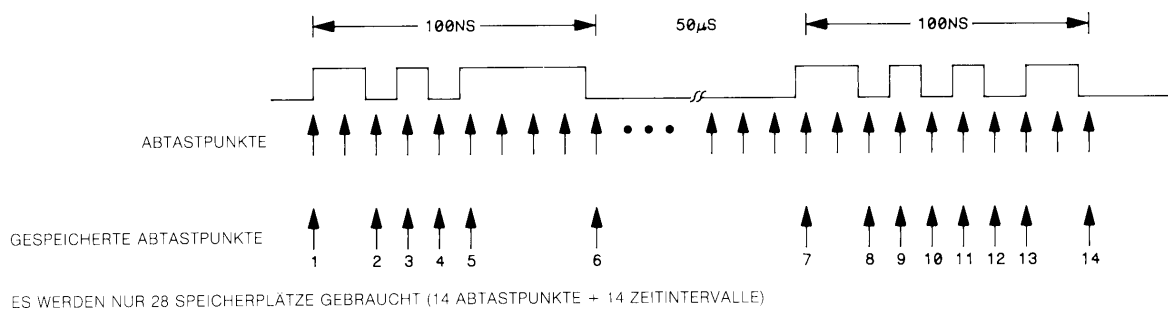
2.1.2 Flankengesteuerte Abtastung

Wenn eine Impulsfolge, wie sie in der nachstehenden Abbildung gezeigt ist, nach dem vorher beschriebenen Verfahren abgetastet wird, darf die Abtastperiode nicht größer als 10 ns sein, damit sämtliche Flanken des ersten Bursts erfasst werden. Dies bedeutet jedoch, dass bei einem typischen Analysator mit einer Speichertiefe von 1kSample der Speicher bereits nach 10,24 μ s voll ist und der zweite Burst nicht mehr aufgezeichnet werden kann.



Andererseits wird ein relativ großer Teil des Speichers mit Daten aus einem Zeitabschnitt belegt in dem keinerlei Zustandsänderungen erfolgen, es wird also kostbare Speicherkapazität "vergeudet". Die flankengesteuerte Abtastung (Transitional Sampling) arbeitet in dieser Hinsicht wesentlich effizienter.

Hier wird das Eingangssignal mit höchstmöglicher Abtastrate abgetastet, wobei ein Flankendetektor feststellt, ob der Signalzustand sich innerhalb der jeweiligen Abtastperiode ändert oder nicht. Ändert sich der Zustand nicht, wird auch nichts abgespeichert. Falls sich der Zustand ändert, wird der neue Zustand zum nächstfolgenden Abtastzeitpunkt abgespeichert, zusätzlich wird der Stand eines internen Zählers, der das Zeitintervall zwischen dem derzeitigen und dem vorangegangenen Speicherereignis misst, abgespeichert und der Zähler auf Null gestellt. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass lediglich zwei Speicherplätze *pro Flanke* benötigt werden.



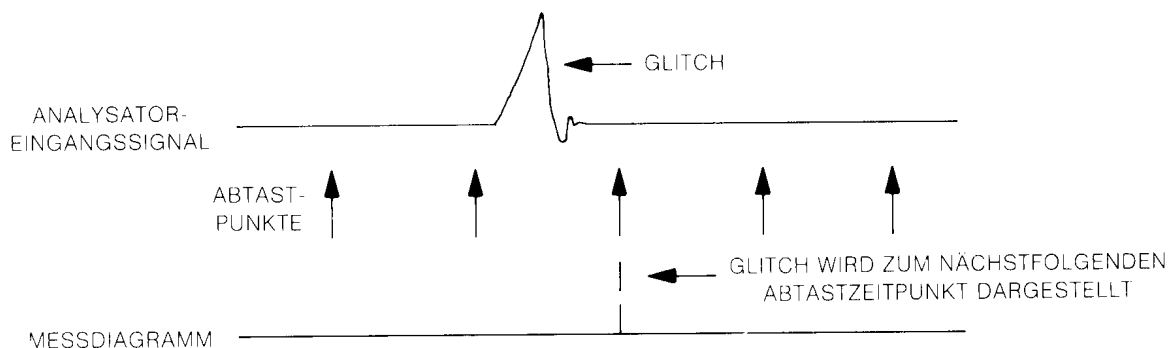
Durch das flankengesteuerte Abtastverfahren wird die Speicherkapazität scheinbar vervielfacht. Die effektive Speichertiefe - das ist die Speichertiefe, die ein "normaler" Analysator haben müsste, um die gleiche Aufzeichnungslänge zu erzielen - ist gleich der Aufzeichnungslänge (in Zeiteinheiten) dividiert durch die Abtastrate (in diesem Fall 10 ns).

2.1.3 Glitch-Erfassung

Störimpulse (Glitches) sind mit herkömmlichen Methoden in der Regel schwer zu erfassen. Viele Zeitanalysatoren besitzen jedoch spezielle Funktionen, mit deren Hilfe sporadisch auftretende Störimpulse nachgewiesen und lokalisiert werden können. Störimpulse können durch kapazitives Übersprechen zwischen Leiterbahnen, durch Netzstörungen, schaltungsinterne Stromspitzen und eine Vielzahl sonstiger Effekte entstehen. Ein Oszilloskop ist zum Erfassen von Störimpulsen wenig geeignet, da es diese nicht zuverlässig von regulären Impulsen unterscheiden kann. Ein Zeitanalysator hingegen kann Glitches eindeutig identifizieren. Unter einem Glitch ist in diesem Zusammenhang ein Eingangssignal zu verstehen, das innerhalb einer Abtastperiode öfter als einmal den Schwellenwert über- oder unterschreitet.

Wie bereits erwähnt, registriert der Analysator im Normalbetrieb sämtliche Einzelflanken zwischen den Abtastzeitpunkten. In der Betriebsart "Glitch-Erkennung" achtet der Analysator darauf, ob ein Signal innerhalb einer Abtastperiode seinen Zustand mehr als einmal ändert. Wenn ja, identifiziert er die "überzählige" Flanke(n) als Glitch(s) und zeigt diese auf dem Bildschirm an.

Ein Logikanalysator bietet darüber hinaus die Möglichkeit auf Störimpulse zu triggern und mit Hilfe der Pre-Trigger-Funktion die Vorgeschichte des Störimpulses zu untersuchen, um so Aufschluss über die Ursache des Glitches zu erhalten.



2.1.4 Triggerung des Zeitanalysators

Auch bei Logikanalysatoren wird die Datenerfassung wie bei Oszilloskopen durch Triggerereignisse gesteuert. Im Gegensatz zu einem Analog-Oszilloskop beginnt ein Logikanalysator nicht erst nach erfolgter Triggerung mit der Aufzeichnung von Daten, sondern er zeichnet kontinuierlich Daten auf und stoppt die Datenerfassung zum Zeitpunkt des Triggerereignisses oder nach erfolgter Triggerung und Ablauf einer vorgegebenen Verzögerungszeit. Bei Logikanalysatoren wird der Triggerpunkt häufig auch als "Trace-Point" bezeichnet. Ein Logikanalysator kann deshalb sowohl Daten *vor* dem Trace-Point ("negative Zeit") als auch Daten aus dem Zeitraum *danach* darstellen.

Bitmuster-Triggerung

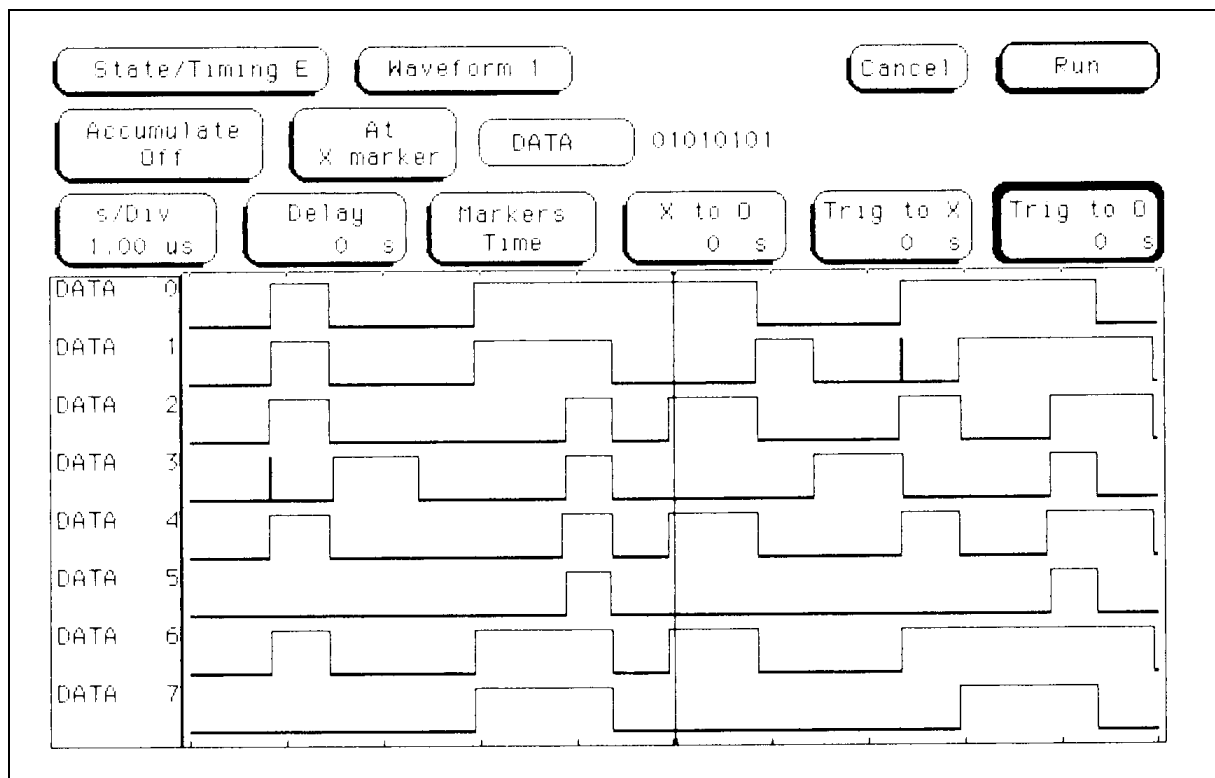
Die Vorgabe der Triggerbedingung für einen Zeitanalysator ist nicht ganz so einfach wie die Einstellung des gewünschten Triggerpegels an einem Oszilloskop. Die Analysatoren verfügen über eine Vielzahl leistungsfähiger Triggerfunktionen, die per Menü gewählt werden können. fast alle Analysatoren bieten die Möglichkeit der Bitmuster-Triggerung. Die nachstehende Abbildung zeigt ein typisches Bitmuster-Trigger-Menü:

The image shows a screenshot of a Bit Pattern Trigger menu in a logic analyzer. The menu is organized as follows:

- At the top, there are four buttons: "State/Timing E", "Trace 1", "Cancel", and "Run".
- Below these, on the right side, is a button labeled "Acquisition mode Transitional".
- On the left side, there are several input fields:
 - "Label >" with the value "DATA".
 - "Base >" with the value "Binary".
 - "Find Pattern" with the value "01010101".
 - "present for" with a dropdown arrow and the value "30 ns".
 - "Then find Edge" with a dropdown arrow and the value ".....".

Die obigen Menü-Vorgaben definieren den Trace-Point als denjenigen Zeitpunkt, zu dem die Signale 0, 2, 4 und 6 den Wert "1" und die Kanäle 1, 3, 5 und 7 den Wert "0" haben.

Die nächste Abbildung zeigt die daraus resultierende Bildschirmdarstellung. Der Trace-Point wird in der horizontalen Mitte des Bildschirms durch eine vertikale Linie markiert.



Bei manchen Analysatoren kann das Trigger-Bitmuster statt im Binärformat auch im Hex-, Oktal-, ASCII- oder Dezimalformat spezifiziert werden. Das Hex-Format ist besonders für Messungen an 4, 8, 16, 24 oder 32 Bit breiten Bussen zweckmäßig.

Flankentriggerung

Das Verfahren der Flankentriggerung ist vom Oszilloskop her bekannt. Der eingestellte Triggerpegel bestimmt die Schaltschwelle eines internen Komparators, der das Gerät triggert, sobald die Eingangsspannung den Schwellenwert über- oder unterschreitet. Zeitanalysatoren bieten ebenfalls diese Funktion, der Triggerpegel ist hier jedoch fest auf die Schwellenspannung der jeweiligen Logikfamilie (z.B. TTL oder ECL) eingestellt. Die Flankentriggerfunktion wird bei einem Zeitanalysator deshalb benötigt, weil einige Funktionen von Logik-Komponenten flankensensitiv sind, d.h. durch Zustandsänderungen (z.B. Taktflanken) und nicht durch Zustände gesteuert werden.

2.2 Zustandsanalysator

Der Zustandsanalysator stellt ein wertvolles Werkzeug für das Soft- und Hardware-Debugging dar. Mit Hilfe eines Zustandsanalysators kann man schnell herausfinden, ob ein Problem auf einen Hard- oder Software-Fehler zurückzuführen ist.

Unter Zustand versteht man in diesem Zusammenhang den logischen Wert "0" oder "1" eines Signals bzw. das an einem Bus anstehende Bitmuster zu einem Zeitpunkt, da gültige Daten verfügbar sind.

2.2.1 Einsatzbereich des Zustandsanalysators

Im Unterschied zum Zeitanalysator, der Daten in der Zeitebene darstellt, arbeitet der Zustandsanalysator stets synchron zum getesteten System (d.h. die Datenerfassungszeitpunkte werden durch ein Systemtaktsignal vorgegeben). Ein Zeitanalysator wird durch eine interne Taktquelle gesteuert und arbeitet deshalb asynchron zum getesteten System.

Ein Zustandsanalysator liefert also Informationen darüber, *was* auf einem Bus geschieht, während ein Zeitanalysator Informationen (in Form einer Liste) darüber liefert, *wann* etwas geschieht. Diesen Sachverhalt muss man stets im Auge behalten, wenn man Fehlinterpretationen der Messergebnisse vermeiden will.

2.2.2 Taktsignale

Die Auswahl des externen Taktsignals muss so erfolgen, dass eine Synchronisation des Zustandsanalysators auf die Messaufgabe erfolgen kann. Bei Mikroprozessorsystemen kann hierfür in der Regel der Prozessortakt gewählt werden.

2.2.3 Triggerung des Zustandsanalysators

Ein Zustandsanalysator bietet nicht nur die Möglichkeit eine Triggerbedingung zu spezifizieren, sondern auch eine Speicherbedingung, die vorgibt, welche Zustände gespeichert werden sollen. Dadurch ist eine Selektion der interessierenden Daten möglich. Mehrere Bedingungen können zusätzlich noch logisch miteinander verknüpft werden.

2.2.4 Weitere Funktionen des Zustandsanalysators

Die erfassten Zustände können nicht nur in Hex-Codes angezeigt, sondern (wenn es sich um Mikroprozessor-Steuerbefehle handelt) über eine so genannte **Disassembler-**

Funktion in Assembler-Mnemonics übersetzt werden, womit ein komfortables Programm-Debugging ermöglicht wird.

Durch die Abspeicherung der Daten auf verschiedenen **Sequenz-Ebenen** kann eine Selektion der Daten nach diversen Kriterien erfolgen. So ist es möglich exakt die Daten herauszufiltern, die gesucht werden. So kann z.B. der Aufruf und die Ausführung von Unterprogrammen protokolliert werden. Zusätzlich wird durch die selektive Speicherung Speicherplatz und Zeit gespart.

2.3 Anschluss an das Zielsystem

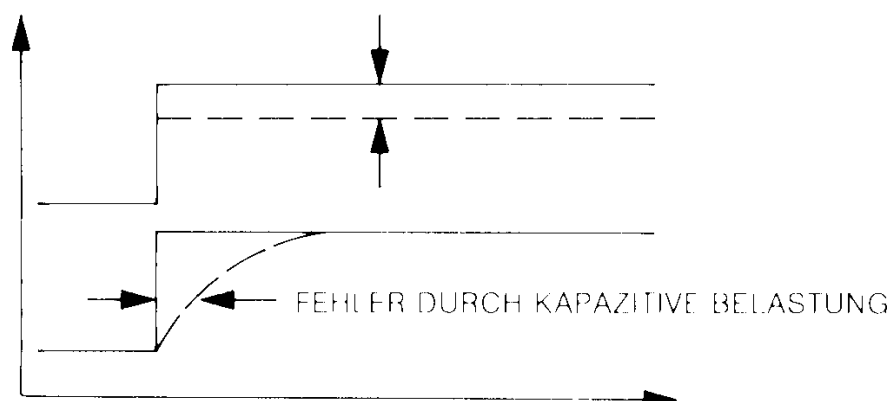
Beim Oszilloskop hat der Tastkopf die Aufgabe die Signalparameter möglichst wenig zu verfälschen (geringe Belastung). Ein typischer passiver Oszilloskop-Tastkopf hat einen Eingangswiderstand von $1\text{ M}\Omega$ bei einer Parallelkapazität von ca. 10 pF .

Ein Logikanalysator-Tastkopf hat die Aufgabe eine große Anzahl von Signalen von verschiedenen Testpunkten zu den Analysator-Eingängen zu übertragen. Die Amplitudentreue spielt dabei eine untergeordnete Rolle, da der Analysator ohnehin nur zwei Pegel unterscheiden kann. Es werden aktive Testadapter mit internen Komparatoren verwendet, die über Anschlussleitungen mit dem Zielsystem verbunden sind. Die typische Eingangsimpedanz eines solchen Testadapters beträgt $100\text{ k}\Omega \circ 8\text{ pF}$; hinzu addieren sich noch Zuleitungskapazitäten von 8 pF , sodass sich am Testpunkt eine Gesamtkapazität von etwa 16 pF ergibt.

2.3.1 Ohmsche und kapazitive Belastung

Die Tastkopf-Impedanz beeinträchtigt die Messung auf zweierlei Weise: Der ohmsche Tastkopf-Eingangswiderstand bildet zusammen mit dem Quellen-Widerstand des Prüflings einen Spannungsteiler der die Spannung herabsetzt. Die Tastkopf-Eingangskapazität begrenzt die maximale Spannungsanstiegsgeschwindigkeit, dadurch werden steile Impulsflanken verschliffen.

AMPLITUDE FEHLER DURCH OHMSCHE BELASTUNG



Die Amplitudenfehler infolge der ohmschen Belastung können in der Regel vernachlässigt werden, da die meisten Logikfamilien Amplitudenabweichungen bis zu 10% ohne weiteres tolerieren. Selbst bei der Verwendung von niederohmigen (10 k Ω) 1GHz-Tastköpfen sind in dieser Hinsicht keine Probleme zu befürchten. Die meisten Digital-ICs haben Ausgangswiderstände in der Größenordnung von wenigen hundert Ohm, sodass ein Tastkopf-Eingangswiderstand von einigen k Ω völlig ausreicht.

Die Auswirkungen der Eingangskapazität können schon eher störend in Erscheinung treten. Bei den hohen Taktraten moderner Digitalschaltungen können bereits Timing-Fehler in der Größenordnung von wenigen Nanosekunden Störungen verursachen. Je höher die Taktrate eines Systems ist, desto empfindlicher reagiert das System auf Timing-Fehler. Eine mit hoher Taktrate betriebene CMOS-Schaltung kann u.U. im Normalbetrieb einwandfrei funktionieren und nach Anschluss der Tastköpfe versagen. Die nachstehende Tabelle zeigt die Zunahme der Gatter-Laufzeit (ΔT) in Abhängigkeit von der Tastkopf-Kapazität.

| Kapazität | Standard CMOS ΔT | High Speed CMOS ΔT |
|-----------|-----------------------------|-------------------------------|
| 15 pF | 25ns | 2,5ns |
| 8pF | 13ns | 1,3ns |
| 2pF | 3ns | 0,3ns |

2.4 Zusammenfassung

Da Logikanalysatoren intern aus zwei Subsystemen (Zeit- und Zustandsanalysator) bestehen, wurden diese separat abgehandelt. Zusammen ergeben sie ein äußerst leistungsfähiges Werkzeug mit dem unterschiedlichste Probleme im Bereich der Digitaltechnik gelöst werden können.

Der Zeitanalysator hat große Ähnlichkeit mit dem Oszilloskop, bietet jedoch sehr viel mehr Kanäle und ist deshalb besser für Messungen an Bus-Systemen geeignet. Außerdem kann ein Zeitanalysator auf Bitmuster oder Störimpulse triggern.

Der Zustandsanalysator wird in der Hauptsache beim Software-Debugging eingesetzt, er leistet aber auch im Hardware-Bereich wertvolle Dienste. Der Zustandsanalysator wird vom Zielsystem getaktet und interpretiert die Signale auf die gleiche Weise wie das Zielsystem.

3. Messaufbau und Inbetriebnahme (Testsignalplatine und Logikanalysator)

Der für die nachfolgenden Übungen eingesetzte Logikanalysator vom Typ Hewlett Packard HP 54620A verfügt als Zeitanalysator über alle der vorgenannten Betriebsarten mit Ausnahme der flankengesteuerten Abtastung. Der Einsatz als Zustandsanalysator ist bei diesem Logikanalysator nicht vorgesehen, da die maximale Anzahl von 16 Kanälen für eine sinnvolle Analyse an Bussen nicht ausreicht.

Die Bedienung erfolgt menügeführt über »Softkeys«; jedoch unter Beibehaltung der bei den Logikanalysatoren aller Hersteller vorhandenen Bedienungselemente, sodass die damit durchgeführten Übungen auch auf die Geräte anderer Hersteller übertragbar sind.

Bedienungskonzept: Die Frontplatte des Logikanalysators enthält Drehknöpfe, graue und weiße Tasten sowie Softkeys. Die Drehknöpfe sind die am häufigsten benutzten Bedienungselemente und haben meist ähnliche Funktion wie bei einem Oszilloskop. Die weißen Tasten sind Festfunktionstasten, deren jeweilige Funktion bei Betätigung der Taste unmittelbar ausgeführt wird. Die sechs Tasten unterhalb des Bildschirms sind Softkeys, deren Funktionen vom jeweiligen Betriebszustand des Oszilloskops abhängig sind und in Form eines Menüs am unteren Bildrand angezeigt werden. Die grauen Tasten dienen zur Wahl zwischen verschiedenen Softkeys-Menüs.

Im nachfolgenden Text sind die Bezeichnungen von Festfunktionstasten und Menüwahltasten durch ein Kästchen eingerahmt (z.B. Edge ist die graue Menüwahltaste im Feld mit der Bezeichnung TRIGGER) und die Bezeichnung von Softkeys in Fettschrift gedruckt (z.B. **Line**). Bei Betätigung einer anderen Menüwahltaste erscheint jeweils auch ein anderes Softkey-Menü.

Die wichtigsten Geräteeinstellungen werden am oberen Bildschirmrand in einer Statuszeile angezeigt.

Techn. Daten: (im Auszug, die genauen Daten sind dem Bedienungs- und Service-Handbuch HP 54620 zu entnehmen)

| | |
|---------------------------|--|
| Eingangskanäle: | <p>Anzahl: 16, nummeriert 0 bis 15</p> <p>Impedanz: $\approx 100\text{k}\Omega \parallel 8\text{pF}$</p> <p>max. Eingangsspannung: $\pm 40\text{V}$</p> <p>Standard-Schwellenpegel: TTL, CMOS, ECL</p> <p>Schwellenbereich: $\pm 6\text{V}$</p> <p>Kanal-zu-Kanal-Versatz: typ. 2,0ns / max. 3,0ns</p> |
| Horizontalsystem: | <p>Ablenkgeschwindigkeiten:</p> <p>1s/DIV bis 5ns/DIV (Main u. Delayed)</p> |
| Erfassungssystem: | <p>Maximale Abtaste: 500MSa/s</p> <p>Auflösung: 1 Bit</p> <p>Aufzeichnungslänge: 2048 Messwerte bei Abtastperiode von 8ns</p> <p>Max. Aktualisierungsrate: 10 Bildschirme / Sekunde</p> <p>Max. Störspitzenbreite: Abtastperiode - 1ns</p> |
| Triggersystem: | <p>Quellen: alle Eingangskanäle und extern</p> <p>Betriebsarten:</p> <p>Flanke: Einzelne Flanke an den Kanälen 0 bis 15 und External (ansteigend, abfallend oder beides)</p> <p>Bitmuster: Bitmuster mit hohem, niedrigen oder ignoriertem Pegel an allen Kanälen und External, eine einzelne Flanke kann mit Bitmuster verbunden werden (AND)</p> <p>Erweitert: Zwei Bitmuster- und Flankenausdrücke können mit Operatoren kombiniert werden (AND, OR, Then, Entered, Exited, Duration > Zeit, Duration < Zeit, Occurs N-mal)</p> <p>Triggerausgang: steigende Flanke</p> |
| Messfunktionen: | <p>Einzelkanal: Frequenz, Periode, +Breite, -Breite, Tastverhältnis</p> <p>Zweikanal: Kanal-zu-Kanal-Verzögerung, Nachhaltezeit, Vorhaltezeit</p> |
| Konfigurationsfunktionen: | <p>Autoscale, Speichern von 16 Frontplatten-konfigurationen, zwei Messkurvenspeicher, Kanaltitel (6 Zeichen)</p> |

Vorbereitung der Übung:

- Logikanalysator HP 54620A mit
- 16-kanaligem Kabel (HP 54620-61801) und die
- Testsignalplatine HP 54654A bereitstellen.

(Die Testsignalplatine dient in den nachfolgenden Übungen zur Generierung der einzelnen Signalformen.)

Vorsicht: Die Testsignalplatine enthält Komponenten, die durch elektrostatische Entladungen beschädigt werden können. Berühren Sie kurz den Batteriehalter bevor Sie die Platine anfassen. Am sichersten ist es, wenn Sie die Platine grundsätzlich immer nur an der Batterie und am Batteriehalter anfassen. Wenn Sie einen Logikanalysator-Tastkopf an die Platine anschließen, **stecken Sie grundsätzlich zuerst die Masseleitung** des Tastkopfs an dem Masseanschluss der Platine ein, um eine etwaige Potentialdifferenz zwischen Logikanalysator und Platine auszugleichen. So vermeiden Sie eine Beschädigung empfindlicher Bauteile beim Anschluss des Tastkopfes an einen Messpunkt.

4. Anschluss und Inbetriebnahme des Logikanalysators

1. Schließen Sie die schwarze Leitung (GND) eines Tastkopfes (Probe) am Anschluss GND der Übungsplatine an.
2. Verbinden Sie den Channel 0-Tastkopf mit D0 auf der Übungsplatine.
3. Verbinden Sie den Channel 1-Tastkopf mit D1 auf der Übungsplatine.
4. Verbinden Sie den Channel 2-Tastkopf mit D2 auf der Übungsplatine.
5. Schalten sie die Übungsplatine ein (Drucktaster oben Mitte).
6. Schalten Sie den Logikanalysator ein (Drucktaster Line)

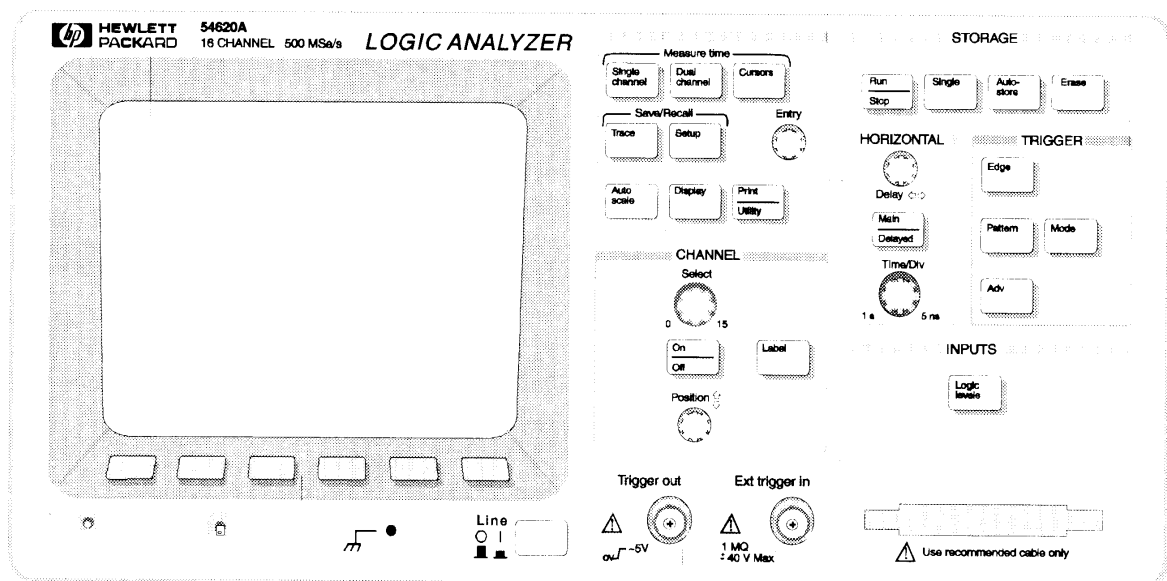
Bildschirm

Kanal-
Bedien-
elemente

Allgemeine
Bedien-
elemente

Horizontal-
Bedien-
elemente

Speicher-Trigger-
tasten



Softkeys

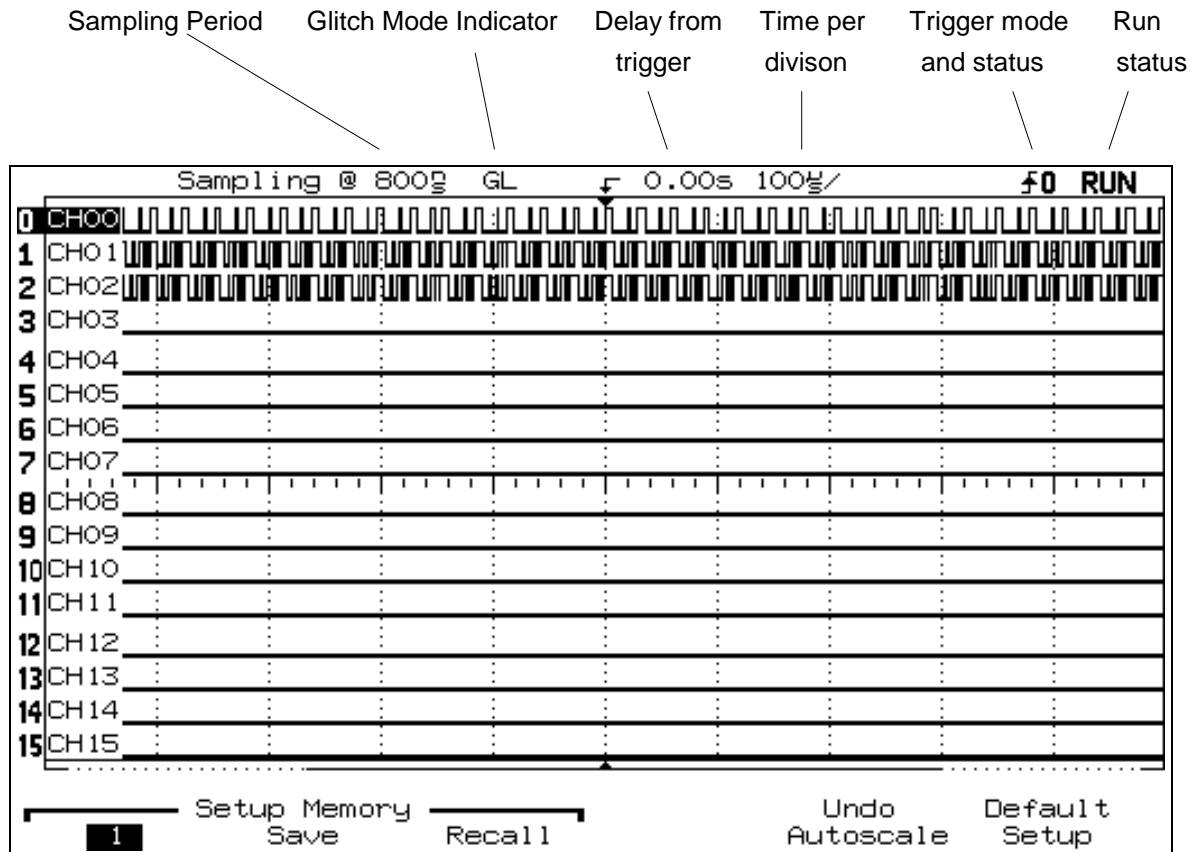
Trigger-
Ein-/
Ausgang

Signal-
eingänge

5. Statuszeile und zugehörige Einstellelemente

1. Drücken Sie die graue Taste **Setup** und dann den Softkey **Default Setup**.

Der Logikanalysator zeigt folgendes Schirmbild:



2. Drehen Sie den Drehknopf HORIZONTAL Time/Div erst um einige Rasten nach rechts, dann nach links und beobachten Sie dabei die Statuszeile am oberen Bildschirmrand.
*Die **Time per division**-Anzeige in der Statuszeile ändert sich mit der Drehknopfverstellung. Beachten Sie zusätzlich, dass sich auch die **Sampling period** mit ändert. Mit der Anzeige "GL" wird das Aktivieren der **glitch detection** (Störspitzen-Erfassung) signalisiert. Sie wird bei Erfassungsraten von weniger als 4 ns automatisch aktiviert.*
3. Drehen Sie den Drehknopf HORIZONTAL Delay nach rechts und beobachten Sie die Statuszeile.
*In der Statuszeile ändert sich der Wert für **Delay from trigger**. Beobachten Sie auch, wie sich die Signale nach rechts und links auf dem Schirm verschieben. Ein ausgefüllter Balken am unteren Bildrand zeigt an, welchen Teil des Speichers Sie aktuell anzeigen.*

4. Beobachten Sie die Trigger mode and status-Anzeige oben rechts am Schirm (neben der RUN-Anzeige).

Die Anzeige signalisiert, dass aktuell die ansteigende Flanke an Kanal 0 zur Triggierung benutzt wird. Der Triggerzeitpunkt wird durch ein kleines ausgefülltes Dreieck über dem Signal von Kanal 0 in der Bildschirmmitte angezeigt. (Sollte der Triggerpunkt nicht in der Mitte angezeigt werden, drehen Sie den Drehknopf HORIZONTAL Delay bis dies der Fall ist.)

5. Schalten Sie die Übungsplatine aus (Drucktaster oben Mitte).

In der Statuszeile beginnt der Trigger mode and status zu blinken. Damit wird die Abwesenheit des Triggers signalisiert.

6. Übungsplatine wieder einschalten.

7. Drücken Sie die weiße Taste Run/Stop

Der Status ist jetzt STOP und die zuletzt durchgeführte Datenerfassung wird auf dem Schirm angezeigt.

8. Drücken Sie die weiße Taste Single mehrmals.

Beachten Sie wie jeweils eine neue Erfassung durchgeführt und dargestellt wird.

9. Drücken Sie die weiße Taste Run/Stop um die kontinuierliche Erfassung wieder zu starten.

6. Einzelnes Signal auswählen und positionieren

1. Drehen Sie den Knopf CHANNEL Select langsam in beide Richtungen und beobachten Sie dabei, wie die hell dargestellte Kanalnummer am linken Bildschirmrand wechselt.
Die helle Darstellung signalisiert, dass dieser Kanal für weitere Aktionen ausgewählt wurde.
2. Drehen Sie den Knopf CHANNEL Select wieder auf Kanal 0 zurück.
3. Drehen Sie den Knopf CHANNEL Position und beobachten Sie wie er auf dem Schirm seine Position ändert.
4. Ordnen Sie den Kanal 0 wieder auf der obersten Schirmposition an.

7. Kanal ein- bzw. ausschalten

1. Drücken Sie die Taste **On/Off** und dann den Softkey **Chan 8 - 15 Off**.

Beachten Sie, dass die Kanäle 8 bis 15 jetzt abgeschaltet wurden und die restlichen Kanäle auf dem gesamten Schirm neu (mit mehr Abstand) dargestellt werden.

2. Drehen Sie den Knopf CHANNEL Select bis der Kanal 3 angewählt (hell) ist und drücken Sie dann den Softkey **CH03 Off On** ganz links.

Beobachten Sie wie der Kanal ausgeblendet wird und die hell unterlegte Anzeige CH 03 an das obere linke Bildschirmeck wechselt.

3. Drehen Sie den CHANNEL Select-Knopf einige Rasten nach links.

Beobachten Sie wie die abgeschalteten Kanäle im oberen linken Bildschirmeck hell unterlegt angezeigt werden. Durch diese Anzeige sind Sie in der Lage sie anzuwählen und wieder einzeln einzuschalten.

4. Drücken Sie die weiße Taste **Autoscale**.

Die Kanäle mit aktiven Signalen werden auf dem Bildschirm angezeigt und ein Zeitmaßstab gewählt, bei dem einige Zyklen auf dem Schirm dargestellt werden. Alle inaktiven Kanäle (ohne Zustandsänderung) werden abgeschaltet.

*Der Logikanalysator setzt zusätzlich automatisch die richtige Schwellenspannung für die vorgefundenen Signale, bei der Übungsplatine ist dies TTL. Um andere Werte einzustellen muss die graue Taste **Logik Levels** gedrückt werden und die entsprechende Option gewählt werden.*

8. Kanal-Titel (Beschriftungen) eingeben

1. Drücken Sie die graue Taste **Label**.

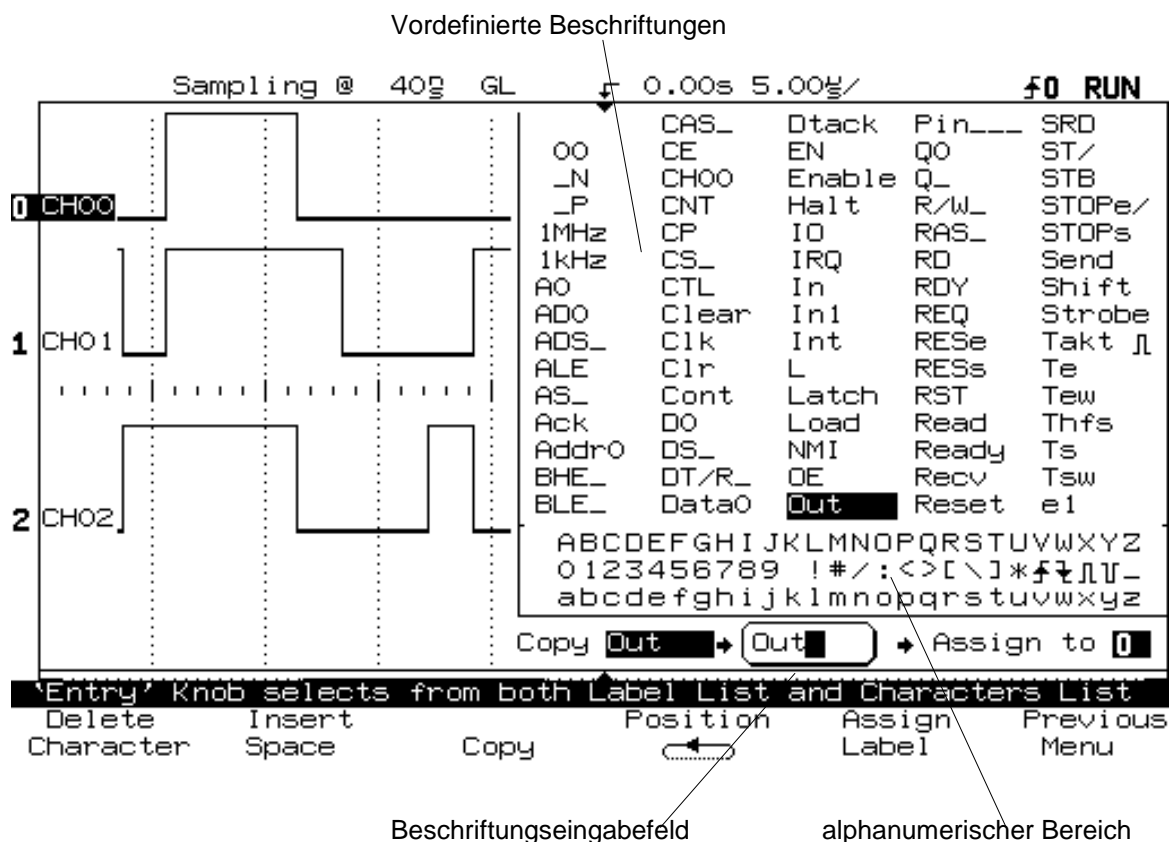
2. Drücken Sie den Softkey **Labels Off On**.

Beobachten Sie wie die Kanalbeschriftungen auf der linken Bildschirmseite entfernt werden und ein größerer Bereich des Signals dargestellt wird. Die Kanalnummern bleiben ganz links auf dem Schirm angezeigt.

3. Drücken Sie den Softkey **Labels Off On** noch einmal um die Kanalbeschriftung wieder einzuschalten.

4. Drücken Sie den Softkey **Define Labels**.

Es wird ein neues Fenster angezeigt, das die Definition von Beschriftungen ermöglicht. Im oberen Teil des Fensters werden vordefinierte Beschriftungen (Labels) angezeigt. Darunter liegt der alphanumerische Bereich, aus dem einzelne Buchstaben, Zahlen oder Zeichen zur individuellen Definition von Beschriftungen ausgewählt werden können. Unterhalb des Fensters liegt der Eingabebereich für die Beschriftungen.



5. Wählen Sie mit dem Knopf CHANNEL Select den Kanal 0 aus.
6. Drehen Sie den Knopf Entry bis der Buchstabe "O" im alphanumerischen Bereich hell unterlegt (ausgewählt) ist, dann drücken Sie den Softkey **Copy**.
Der Buchstabe O wird in das Label-Fenster kopiert.
7. Wiederholen Sie Schritt 6. für die Buchstaben "u" und "t".
8. Drücken Sie den Softkey **Assign Label**.
Beobachten Sie, wie die Beschriftung "Out" dem Kanal 0 zugeordnet wurde.
9. Drehen Sie den Knopf CHANNEL Select bis der Kanal 1 ausgewählt ist.
10. Drehen Sie den Knopf Entry bis das Wort "In" bei den vordefinierten Beschriftungen ausgewählt ist und drücken Sie dann den Softkey **Copy**.
11. Drehen Sie den Knopf Entry bis die Ziffer 1 ausgewählt ist und drücken Sie dann den Softkey **Copy**.
12. Drücken Sie den Softkey **Assign Label**.
Beobachten Sie dass der Kanal 1 nun mit "In1" beschriftet ist und automatisch der nächste Kanal (Kanal 2) angewählt wurde. Zusätzlich wurde das Eingabefeld auf "In2" geändert um so eine zyklische Fortsetzung der Beschriftung zu unterstützen.
13. Drücken Sie den Softkey **Assign Label** um den Kanal 2 zu beschriften.
14. Drücken Sie den Softkey **Previous Menu** um wieder zur Darstellung des kompletten Signals zu wechseln.

9. Einsatz einfacher Triggerfunktionen

9.1 Anschluss der Tastköpfe und Inbetriebnahme

1. Stellen Sie die Anschlüsse so her wie im vorhergehenden Abschnitt unter 4. beschrieben.
2. Die Übungsplatine einschalten (wenn nicht bereits geschehen).
3. Den Logikanalysator einschalten (wenn nicht bereits geschehen).
4. Drücken Sie die weiße Taste **Autoscale**.

9.2 Definition einer Flanken-Triggerbedingung

1. Drücken Sie die graue Taste **Edge**
2. Drücken Sie den Softkey **Source** (ganz links).
(Die Auswahl kann auch mit Drehknopf CHANNEL Select erfolgen!)
3. Drücken Sie den Softkey für die ansteigende Flanke.
Die ansteigende Flanke des Kanals 0 wird in der Bildschirmmitte angezeigt. Die Funktion der untersuchten Schaltung (UND-Verknüpfung) wird erkennbar, der Ausgang wird logisch "1" wenn beide Eingänge logisch "1" sind.
4. Drücken Sie die weiße Taste **Single** mehrmals.
Beobachten Sie dabei die verschiedenen Signalzustände, die zu logisch "1" am Ausgang der untersuchten Schaltung führen.

9.3 Definition einer Bitmuster-Triggerbedingung (Pattern)

1. Drücken Sie die graue Taste **Pattern**
2. Drücken Sie die weiße Taste **Run/Stop** wenn der aktuelle Status nicht bereits Run ist.
Beachten Sie die zufallsweise Triggerung der Signale. Diese erklärt sich daraus, dass für das Bitmuster im Moment noch "Don't care" ("X") an allen Kanälen eingestellt ist.
3. Wählen Sie mit dem Drehknopf Select Kanal 1 aus.

4. Drücken Sie den Softkey **High**.

Die ansteigende Flanke von Kanal 1 wird jetzt im Bildschirmzentrum fixiert.

5. Wählen Sie mit dem Drehknopf Select Kanal 2 aus.

6. Drücken Sie den Softkey **High**.

Die ansteigende Flanke von Kanal 1 und 2 werden jetzt im Bildschirmzentrum fixiert.

7. Drücken Sie die weiße Taste Single mehrmals und beobachten Sie die Funktion der UND-Verknüpfung.

Der Logikanalysator triggert wenn beide Eingänge der UND-Verknüpfung logisch "1" sind. Der Übergang von logisch "0" auf logisch "1" stellt für beide Eingänge den Punkt dar, für den das Bitmuster zutrifft. Wenn beide Eingänge auf logisch "1" sind schaltet der Ausgang auch auf "1". Sporadisch schalten auch beide Eingänge nahezu gleichzeitig um, sodass wegen der Gatterlaufzeit keine logische "1" am Ausgang zustande kommt. Bei der von der Funktion Autoscale automatisch gesetzten Zeitauflösung kann dieser Zustand jedoch nicht erfasst werden, es muss eine Zeitauflösung $< 100\text{ ns}$ verwendet werden.

8. Drehen Sie den Drehknopf Time/Div solange im Uhrzeigersinn bis die Anzeige "Time/Div at limit" am unteren Bildschirmrand erscheint.

9. Drücken Sie die weiße Taste Single mehrmals um die oben beschriebene Auswirkung der Gatterlaufzeit zu beobachten.

10. Durchführung von Messungen

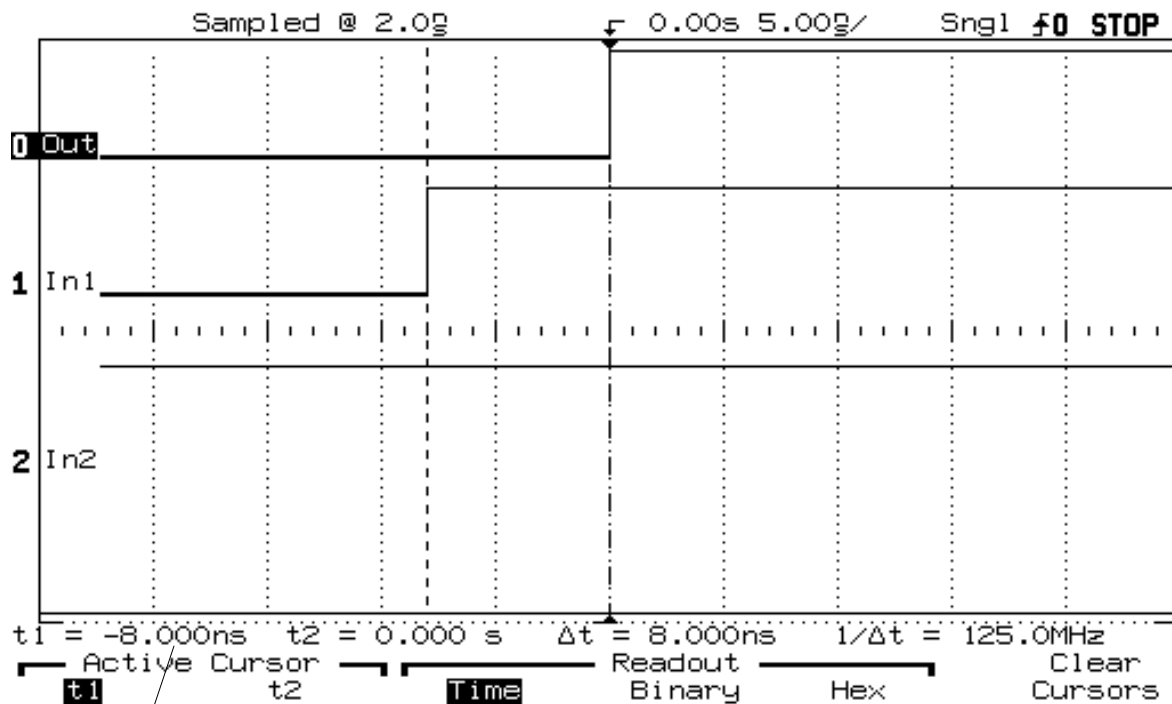
10.1 Messung vorbereiten

1. Drücken Sie die graue Taste **Edge**
2. Drehen Sie den Knopf Select bis der Kanal 0 ausgewählt ist.
3. Drücken Sie den Softkey für die ansteigende Flanke.
4. Drücken Sie die weiße Taste **Run/Stop** falls diese Betriebsart nicht schon angewählt ist.
5. Drehen Sie den Knopf Time/Div im Uhrzeigersinn bis die Zeitauflösung 5 ns/ und die sampling periode 2 ns beträgt.
6. Beobachten Sie die Verzögerungszeit zwischen Kanal 1 (In1) und Kanal 0 (Out) (jeweils ansteigende Flanke).
Diese Zeit stellt die Verzögerungszeit des Gatters dar, sie wird durch die Schaltzeiten der Einzeltransistoren im Gatter verursacht.

10.2 Cursor-Messung durchführen

Die Messung der Gatter-Verzögerungszeit kann mit zwei Methoden durchgeführt werden: unter Benutzung der Cursoren oder der Doppel-Kanal-Automatikmessung.

1. Drücken Sie die graue Taste **Cursors**
Das Softkey-Menü zeigt nun den aktiven Cursor t1 (hell dargestellt), der auf dem Bild als senkrechte gestrichelte Linie dargestellt wird.
2. Kontrollieren Sie ob der Softkey **t1** angewählt ist (hell dargestellt).
3. Drehen Sie den Knopf Entry gegen den Uhrzeigersinn bis die senkrechte Linie (der t1-Cursor) an der Position der ansteigenden Flanke von Kanal 1 ist.
Durch Wahl der Betriebsart Single kann die Einstellung erleichtert werden, da die Flankendarstellung bedingt durch die Auflösung der sampling rate "springt". Der unter Δt angezeigte Wert von 6 bis 8 ns stellt die Gatter-Verzögerungszeit dar.



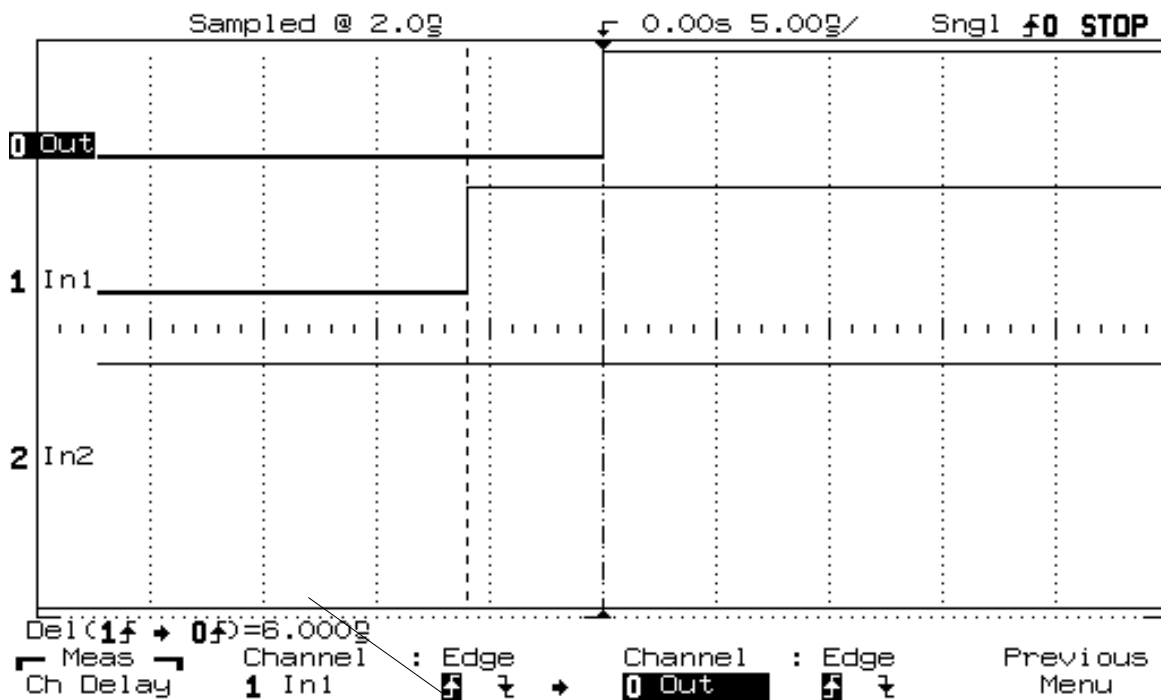
Verzögerungszeit

10.3 Automatische Messung durchführen

1. Drücken Sie die graue Taste **Dual Channel**.
2. Drücken Sie den Softkey **Ch Delay**.
Es werden nun die Softkeys zur Einstellung der automatischen Messung angezeigt.
3. Drücken Sie den Softkey **Channel** (2. von links) bis Kanal 1 angezeigt wird (In1).
Bei aktiviertem Softkey kann die Auswahl auch mit dem Entry-Knopf durchgeführt werden.
4. Drücken Sie den Softkey **Edge** (3. von links) bis die ansteigende Flanke ausgewählt ist.
5. Drücken Sie den Softkey **Channel** (4. von links) bis Kanal 0 (Out) ausgewählt ist.
6. Drücken Sie den Softkey **Edge** (2. von rechts) bis die ansteigende Flanke ausgewählt ist.

7. Drücken Sie den Softkey **Chan Delay** (ganz links).

Auf der Messwertzeile wird jetzt die Verzögerungszeit angezeigt. Mit jeder neuen Erfassung wird die Zeit neu gemessen und angezeigt.



automatisch ermittelte Verzögerungszeit

8. Drücken Sie den Softkey **Previous Menu** (ganz rechts).

9. Beobachten Sie, wie Sie mit dem Softkey **Show Meas** die Anzeige der Cursors aus- bzw. einschalten können.

Beobachten Sie zusätzlich, wie der Cursor an Kanal 1 mit der zugehörigen Flanke automatisch mitwandert.

11. Einsatz erweiterter Triggerbedingungen

Ein häufiges Problem in digitalen Schaltungen ist das Aufspüren von Spitzen (Glitches) und sehr kurzen Pulsen. Gelingt das Aufspüren, kann in der Regel auch die Ursache gefunden werden.

Die Übungsplatine generiert zur Simulation einen Pulszug mit der binären Sequenz "000011101100101". Zusätzlich wird sporadisch noch ein kurzer Impuls als Störung in die Bitfolge eingefügt. Der Einsatz erweiterter Triggerbedingungen versetzt Sie in die Lage diesen kurzen Störimpuls zu finden.

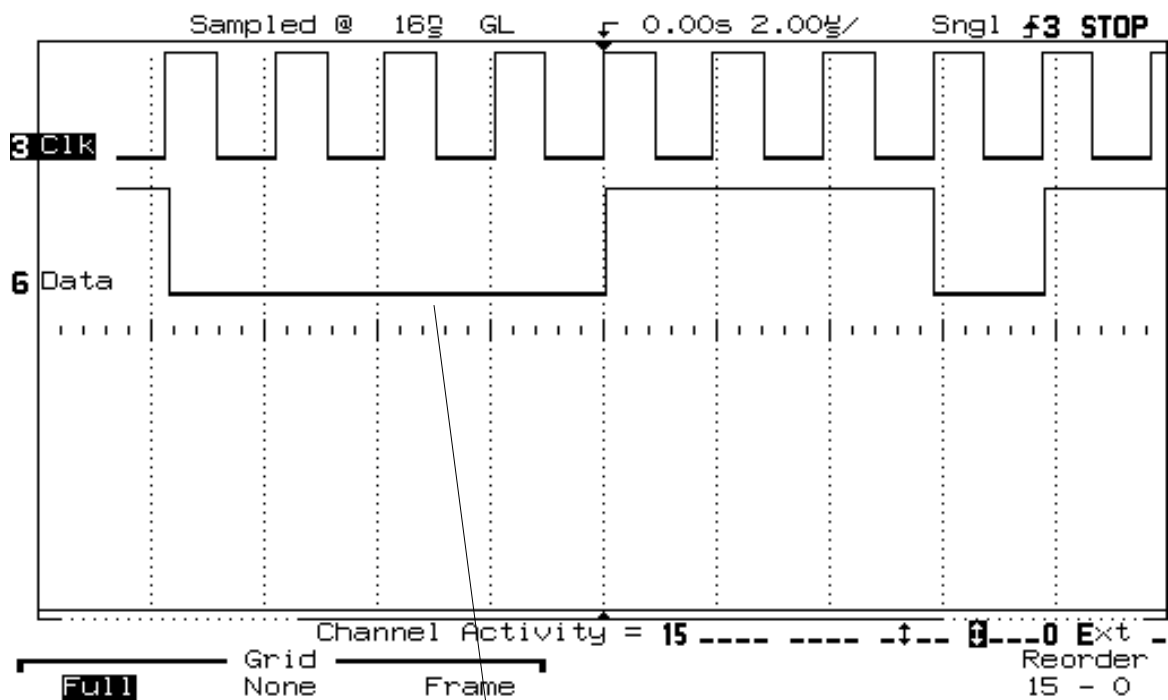
11.1 Tastkopf anschließen

1. Kontrollieren Sie ob die schwarze Tastkopfleitung an GND der Übungsplatine angeschlossen ist.
2. Schließen Sie Channel 3 des Tastkopfes an D3 an der Übungsplatine an.
3. Schließen Sie Channel 6 des Tastkopfes an D6 an der Übungsplatine an.
4. Trennen Sie die zuvor benutzten Channel 0, 1 und 2 von der Übungsplatine.
5. Drücken Sie die graue Taste Setup.
6. Drücken Sie die weiße Taste Autoscale.
7. Beschriften Sie die neu angezeigten Kanäle 3 (mit "Clk") und 6 (mit "Data") unter Benutzung des Label-Menüs.

11.2 Untersuchung des Pulszuges

Der angezeigte Pulszug (Kanal 6) wird mit der ansteigenden Flanke des Signals (Clk) auf Kanal 3 getaktet. Die Länge von vier "0"-Informationen im Pulszug entspricht vier Taktperioden, ebenso entsprechen die drei nachfolgenden "1"-Informationen drei Taktperioden.

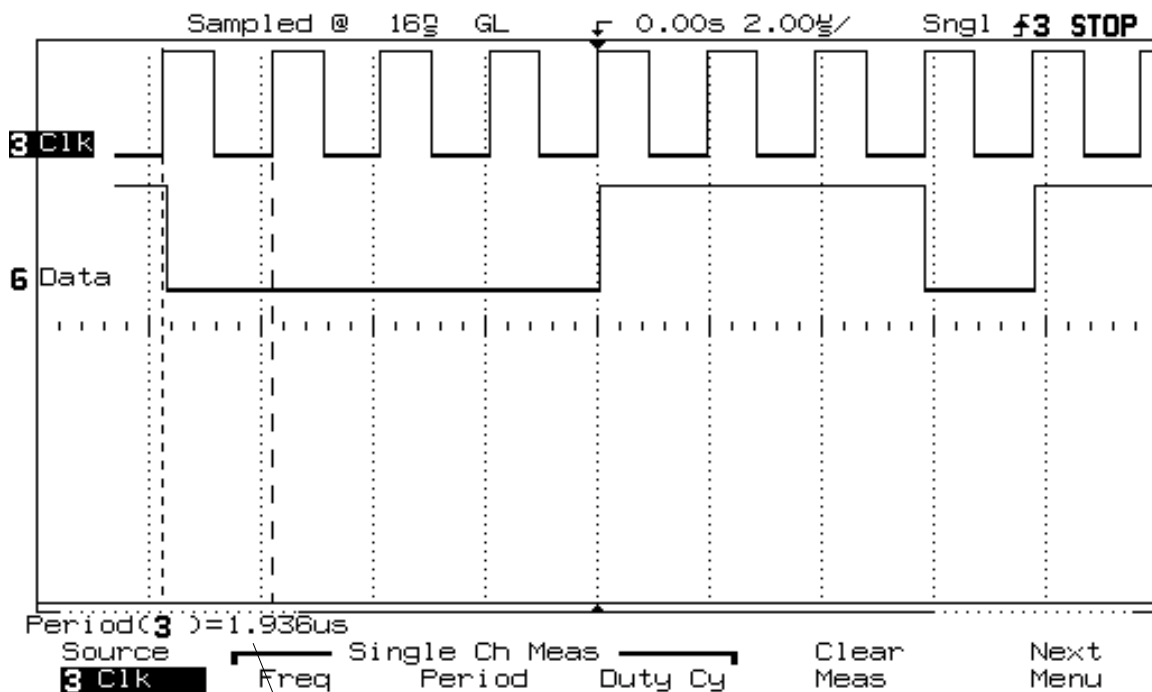
1. Stoppen Sie Erfassung mit der weißen Taste **Run/Stop**.
2. Überprüfen Sie die korrekte Form des Pulszuges wie oben beschrieben.
(Da der gewählte Trigger nicht eindeutig ist, kann der Triggerzeitpunkt an verschiedenen Stellen des Pulszuges liegen!)
3. Starten Sie die Erfassung wieder mit der weißen Taste **Run/stop**.



Bitmuster mit vier "0"-Zuständen gefolgt von drei "1"-Zuständen

11.3 Automatische Messung der Taktperiode

1. Drücken Sie die graue Taste **Single Channel**.
2. Drehen Sie den Knopf Select (oder drücken Sie den Softkey **Source** ganz links) bis Kanal 3 (Clk) ausgewählt ist.
3. Drücken Sie den Softkey **Period**. Die angezeigte Taktperiode muss etwa 2 μs betragen.
Da die Periodendauer des Taktes etwa 2 μs beträgt muss das Datensignal zur Darstellung der drei logischen "1" ca. 6 μs auf "1" sein.



automatisch ermittelte Taktperiode

11.4 Definition einer erweiterten Triggerbedingung (Advanced Trigger)

1. Drücken Sie die graue Taste **Adv**.

Das Menü am unteren Bildschirmrand zeigt das momentane Trigger-Bitmuster und seine Dauer. Die Triggerquelle und die Triggerdauer wird von Ihnen jetzt neu definiert.

2. Drücken Sie den Softkey ganz links bis die Anzeige **Pat 1** erscheint.
3. Drücken Sie den Softkey **Define**.
4. Drehen Sie den Knopf Select oder drücken Sie den Softkey ganz links bis Kanal 6 (Data) angewählt ist.
5. Drücken Sie den Softkey **Level High**. Prüfen Sie gleichzeitig ob für alle anderen Kanäle die Bedingung "X" (=Don't care) angezeigt wird, ist dies nicht der Fall wählen Sie den entsprechenden Kanal an (Knopf Select oder Softkey ganz links) und drücken dann den Softkey **Don't care**.
6. Drücken Sie den Softkey **Previous Menu**.
7. Betätigen Sie den Softkey **Operator** bis **Duration >** angezeigt wird, dann drücken Sie den Softkey **Minimum Duration**.
8. Starten Sie die Erfassung mit der weißen Taste **Run/Stop**.
9. Drehen Sie den Knopf Entry im Uhrzeigersinn und beobachten dabei den Wert bei **Duration >** über dem vierten Softkey von links.
Wenn der Wert für die Dauer ca. 4 μ s überschreitet stabilisiert sich die Bildschirmdarstellung. Dies geschieht, weil alle Ereignisse mit einer "1"-Dauer von < 4 μ s (zwei Taktperioden) als Triggerbedingung ausgeschlossen werden.

11.5 Suchen des kurzen Pulses (Störimpuls)

1. Drücken Sie die weiße Taste **Autostore**.

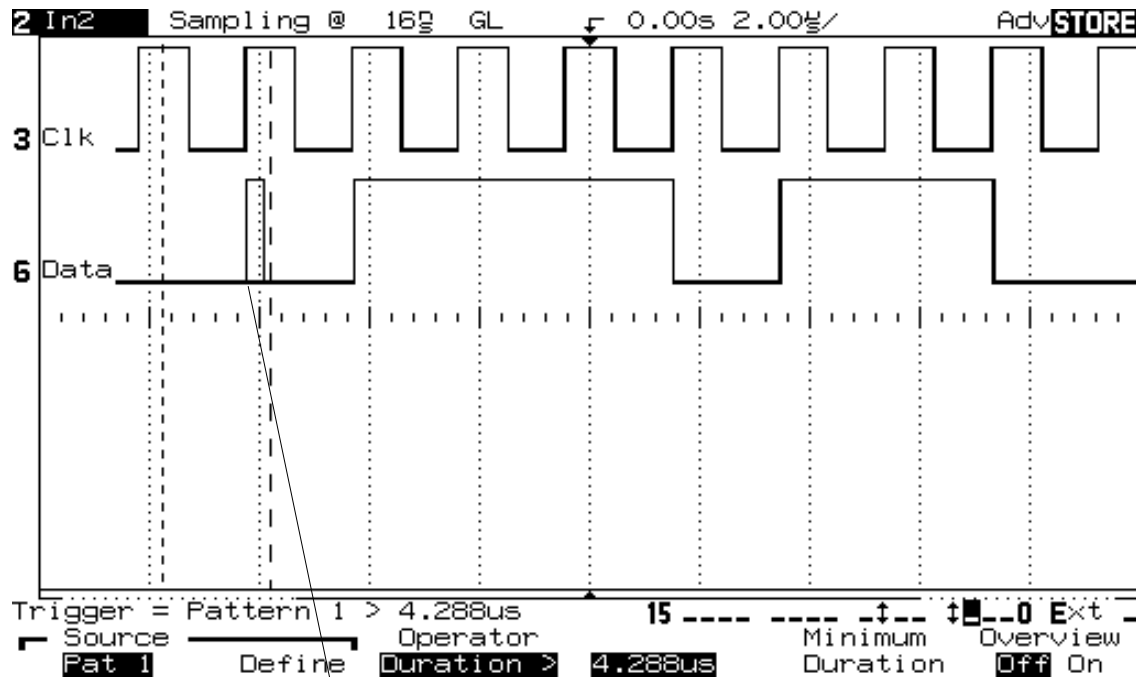
(Auf dem Schirm erscheint nun der Status **STORE** oben rechts. Alle durchgeführten Erfassungen bleiben nun auf dem Schirm "gespeichert".)

2. Lassen Sie den Analysator für einige Zeit in diesem Zustand bis ein kurzer Impuls in halber Helligkeit auf dem Schirm sichtbar wird.

In diesem Modus bleiben Pulszug und Störimpuls auf dem Schirm gespeichert bis Sie in wieder löschen.

3. Drücken Sie die graue Taste **Adv**.

Beachten Sie dass nach einiger Zeit der kurze Impuls von neuem erscheint. Der Logikanalysator ist in der Lage auf diesen Impuls zu triggern.



kurzer Puls, der durch Autostore sichtbar gemacht wird

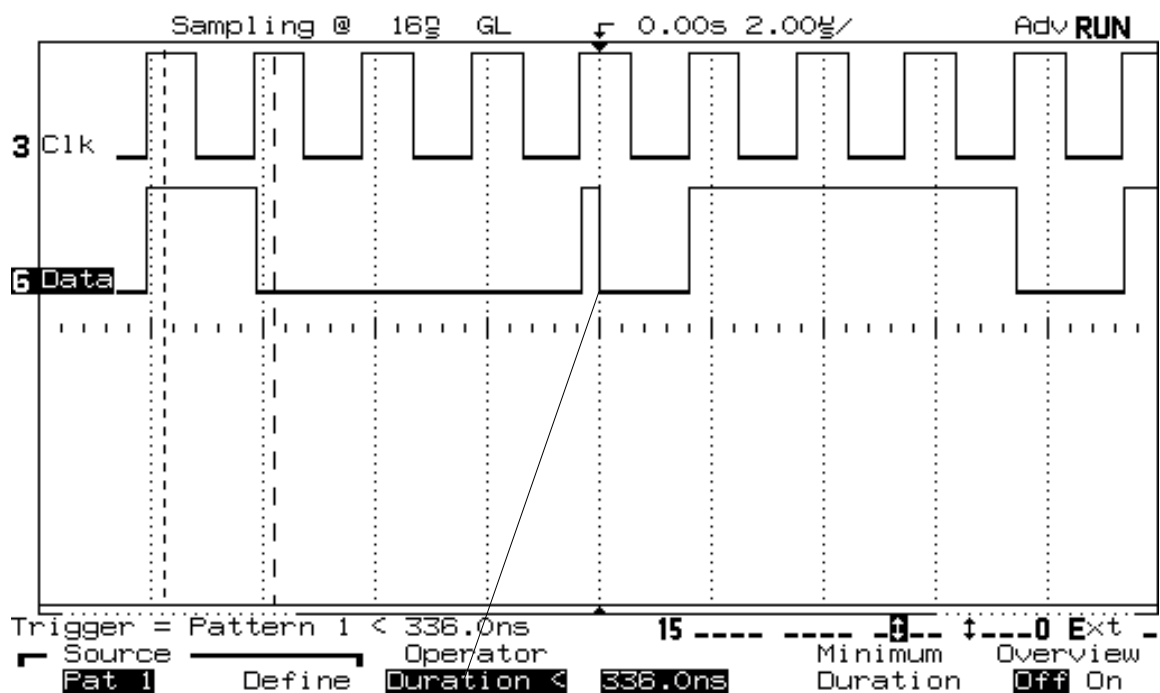
11.6 Triggern auf den kurzen Puls (Störimpuls)

1. Drücken Sie die weiße Taste **Autostore** um den AUTOSTORE-Modus wieder anzuschalten.
2. Drücken Sie die weiße Taste **Erase** um die gespeicherten Pulszüge zu löschen.
3. Drücken Sie den Softkey **Operator** bis die Anzeige **Duration <** erscheint, dann drücken Sie den Softkey **Minimum Duration**.

4. Drehen Sie den Knopf Entry solange im Uhrzeigersinn bis eine stabile Bildschirm-anzeige erreicht ist.

Die Anzeige sollte bei einer Duration-Einstellung von ca. 300 ns stabil werden, der genaue Wert hängt von der jeweiligen Übungsplatine ab.

Der Analysator triggert nun auf den sporadisch auftretenden kurzen Störimpuls und schließt die normalen von der Taktperiode abhängigen Datenpulse von der Triggerung aus.



Analysator triggert auf den kurzen Puls

11.7 Übersicht über das Menü für die erweiterten Triggerbedingungen

1. Drücken Sie den Softkey **Overview On**.

Das nun angezeigte Trigger-Menü zeigt das aktuell verwendete Bitmuster (Kanal 6 muss logisch "High" sein) und den zugehörigen Operator. Gleichzeitig können Sie sehen welche Möglichkeiten der erweiterten Triggerung zusätzlich noch vorhanden sind. Auch vorhandene Aktivitäten auf den Kanälen werden zur Anzeige gebracht.

Trigger-Bitmuster-Auswahl Trigger-Dauer-Auswahl

Sampling @ 16 μ s GL 0.00s 2.00 μ s/ Adv **RUN**

Advanced Triggering Overview

| Source | Operator | Source |
|--------------------|---------------------------|--------------------|
| Pattern 1 | AND | Pattern 1 |
| Not = Pattern 1 | OR | Not = Pattern 1 |
| Pattern 2 | Then | Pattern 2 |
| Not = Pattern 2 | Occurs N times | Not = Pattern 2 |
| Edge 1 | Entered | Edge 1 |
| Edge 2 | Exited | Edge 2 |
| Pattern 1 & Edge 1 | Duration > time | Pattern 1 & Edge 1 |
| Pattern 2 & Edge 2 | Duration < time | Pattern 2 & Edge 2 |

Channel 15 0 E Trg In

| | | | |
|-----------|---------------------|---|----------------|
| Pattern 1 | xxxx xxxx xHxx xxxx | X | |
| Pattern 2 | xxxx xxxx xxxx xxxx | X | |
| Edge 1 | xxxx xxxx xxxx xxxx | X | Only 1 edge |
| Edge 2 | xxxx xxxx xxxx xxxx | X | Multiple edges |
| Activity | ---- -- -- -- | ↑ | |

Trigger = Pattern 1 < 336.0ns

Source **Pat 1** Define Operator **Duration <** 336.0ns Minimum Duration Overview Off **On**

definiertes Trigger-Bitmuster Kanal-Aktivitäten

2. Drücken Sie den Softkey **Overview Off** um die Daten wieder zur Anzeige zu bringen.

12. Messungen mit Logikanalysator und Oszilloskop

Die Darstellung von verrauschten Signalen mit einem Oszilloskop gestaltet sich oft als schwierig, die Triggerung zu einem bestimmten Zeitpunkt lässt sich in manchen Fällen nicht realisieren. Mit den Triggermöglichkeiten des Logikanalysators lässt sich dieses Problem beheben.

In der folgenden Übung triggert der Logikanalysator das Oszilloskop um eine achtstufige Treppenförmigkeit anzuzeigen. Dieses Treppensignal wird von einem 3-bit-Zähler mit einem nachgeschalteten Digital-Analog-Wandler auf der Übungsplatine erzeugt.

12.1 Tastkopf anschließen

1. Kontrollieren Sie ob der schwarze Anschluss des Tastkopfes mit dem Anschluss GND auf der Übungsplatine verbunden ist.
2. Entfernen Sie die Anschlüsse Channel 3 und 6 von der Übungsplatine (falls noch angeschlossen).
3. Verbinden Sie Channel 11 mit D11 auf der Übungsplatine.
4. Verbinden Sie Channel 12 mit D12 auf der Übungsplatine.
5. Verbinden Sie Channel 13 mit D13 auf der Übungsplatine.
6. Schließen Sie das Oszilloskop (z.B. HP 54600A) mit einem Tastkopf an Kanal 1 wie folgt an die Übungsplatine an: O V-Klemme an eine GND-Lötöse und Tastkopf an Testpunkt 7 (Treppenspannung).
Der Testpunkt 7 ist der Ausgang des Digital-Analog-Wandlers, der vom 3-bit-Zähler (an dem der Logikanalysator angeschlossen ist) angesteuert wird.

12.2 Geräte verbinden und einschalten

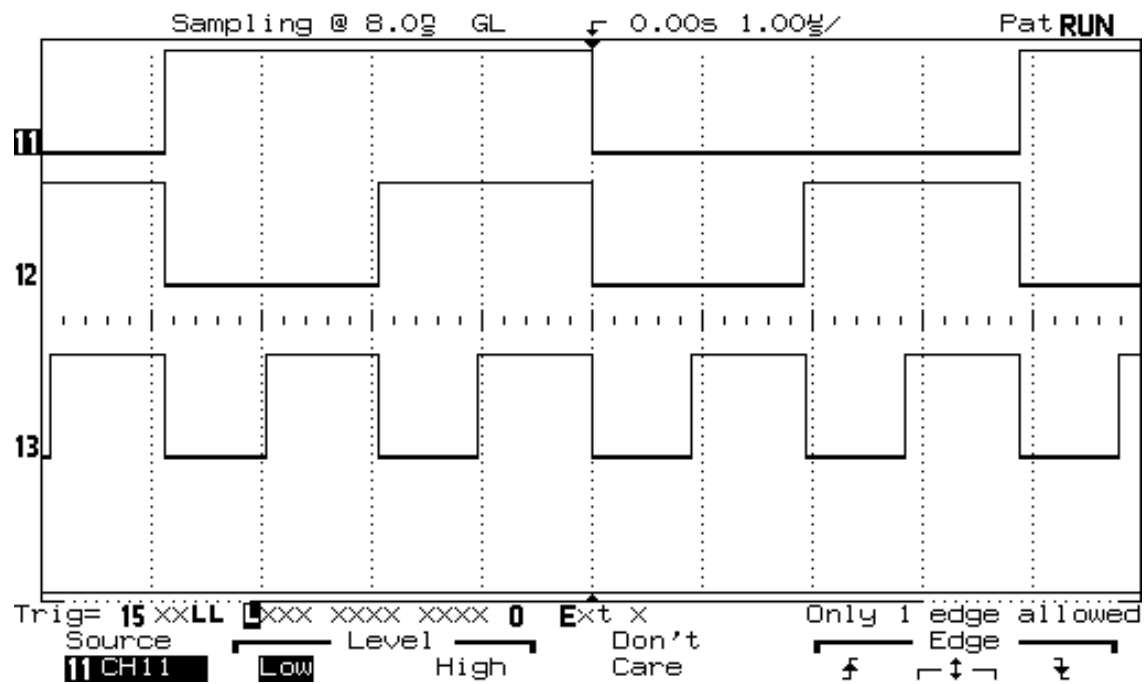
1. Verbinden Sie die Buchse Trigger Out des Logikanalysators und den Eingang Kanal 2 des Oszilloskops mit einem BNC-Kabel.
2. Schalten Sie den Logikanalysator ein.
3. Schalten Sie das Oszilloskop ein.
4. Schalten Sie die Übungsplatine ein (falls nicht bereits geschehen).

12.3 Triggerbedingung für den Logikanalysator definieren

Wenn Sie eine Triggerbedingung für ein externes Gerät definieren können Sie wahlweise Flankentriggerung (Edge), Bitmustertriggerung (Pattern) oder erweiterte Triggerung des Logikanalysators verwenden. In diesem Beispiel werden Sie die Bitmustertriggerung einsetzen.

1. Drücken Sie die graue Taste **Setup** am Logikanalysator und danach den Softkey **Default Setup**.
2. Drücken Sie die weiße Taste **Autoscale** am Logikanalysator.
3. Drücken Sie die graue Taste **Label** am Logikanalysator und danach den Softkey **Labels** ganz links um die Kanalbeschriftung auszuschalten.
4. Drücken Sie die graue Taste **Pattern** am Logikanalysator und beachten Sie das Trigger-Bitmuster am unteren Bildschirmrand.
5. Drücken Sie den Softkey ganz links oder benutzen Sie den Select- oder Entry-Knopf um den Kanal 11 anzuwählen.
Der Kanal erscheint hell unterlegt auf dem Trigger-Bitmuster.
6. Drücken Sie den Softkey **Low**.
7. Setzen Sie Kanal 12 und 13 in der gleichen Weise auf **Low**.
Der Logikanalysator triggert jetzt immer wenn der 3-bit-Zähler den Zählzustand Null erreicht.

Time/Div ggf. ändern, falls die Autoscale-Funktion einen anderen Wert gewählt hat!



Darstellung des 3-bit-Zählers am Logikanalysator

12.4 Triggerung des Oszilloskops und Darstellung der Kurvenform

1. Drücken Sie die weiße Taste **Run/Stop** am Logikanalysator.

Dies stoppt die Darstellung der Signale am Logikanalysator-Bildschirm und erhöht dadurch die Ausgaberate für das Triggersignal an das Oszilloskop. Damit wird es dem Oszilloskop erleichtert eine automatische Einstellung zu finden (Autoscale-Funktion), bei der Verwendung eines analogen Oszilloskops erhöht sich dadurch zusätzlich auch die Wiederholungsgeschwindigkeit für die Signaldarstellung.

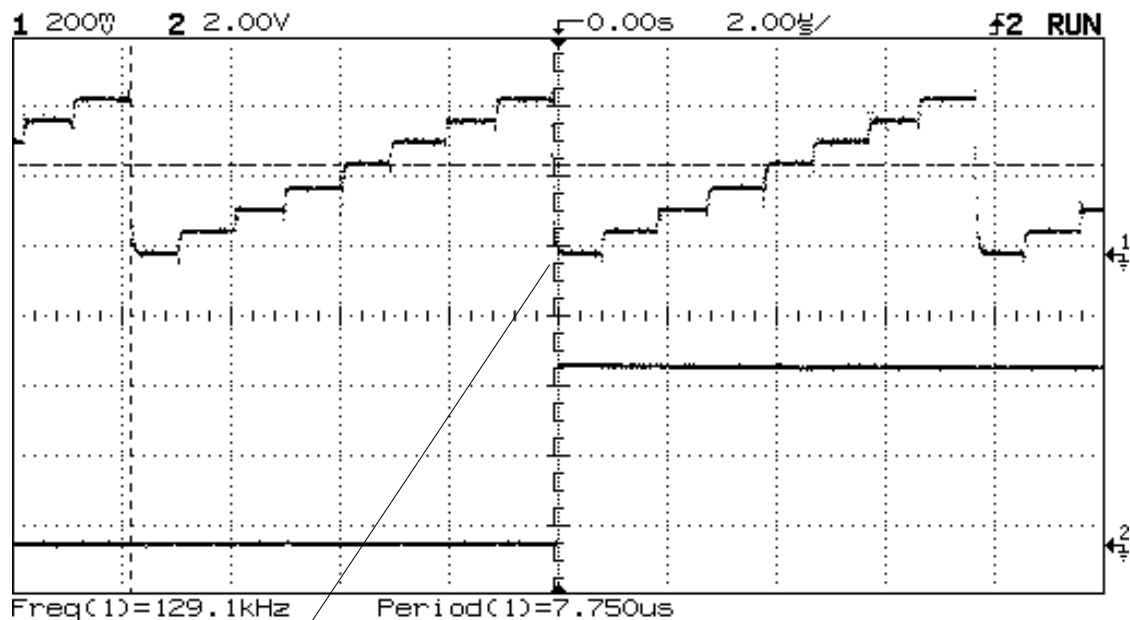
2. Drücken Sie die graue Taste **Setup** am Oszilloskop und danach den Softkey **Default Setup**.

3. Drücken Sie die Taste **Autoscale** am Oszilloskop.

(Falls diese Funktion nicht vorhanden ist \Rightarrow siehe unter 12.6)

4. Stellen Sie die Zeitbasis am Oszilloskop auf 2.00 $\mu\text{s}/\text{div}$ ein.

Die Signaldarstellung am Oszilloskop sollte wie auf dem nachfolgenden Bild erfolgen. Beachten Sie, dass das Oszilloskop auf die Stufe 0 in dem Treppensignal getriggert wird. (In diesem Beispiel wird das Triggersignal am Kanal 2 angelegt um es ebenfalls auf dem Bildschirm darzustellen, es könnte jedoch auch der Eingang für den externen Trigger am Oszilloskop verwendet werden.)

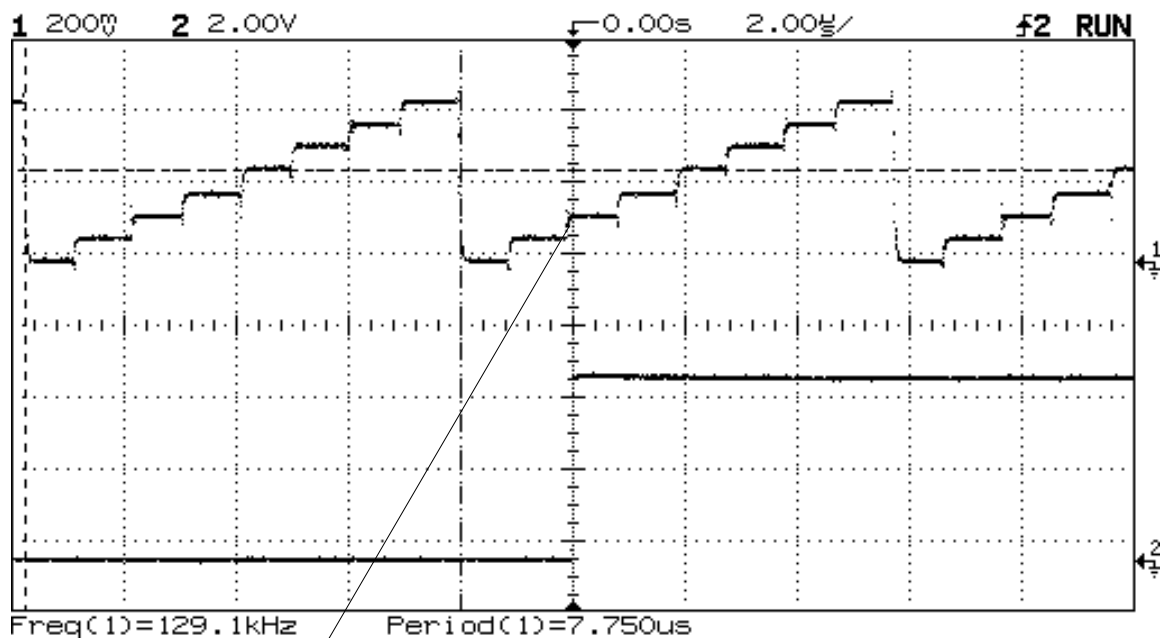


Oszilloskop triggert auf Stufe 0 des Treppensignals

12.5 Ändern der Triggerbedingung und Darstellung der neuen Kurvenform

1. Wählen Sie am Logikanalysator den Kanal 12 und drücken Sie dann den Softkey **High**.
2. Drücken Sie die Taste **Run/Stop** um den Logikanalysator mit diesem neuen Bitmuster zu starten.
3. Drücken Sie die Taste **Run/Stop** um den Logikanalysator zu stoppen und die Ausgabefrequenz für das Triggersignal zu erhöhen.

Das Oszilloskop sollte jetzt auf die Stufe 2 des Treppensignals getriggert werden.



Oszilloskop triggert auf Stufe 2 des Treppensignals

Wie Sie sehen kann der Logikanalysator die Triggermöglichkeiten des Oszilloskops erweitern, um z.B. analoge Ereignisse darzustellen, auf die das Oszilloskop normalerweise nicht triggern könnte oder die einen unstabilen Triggerpunkt besitzen.

12.6 Manuelle Einstellung eines Oszilloskops für externe Triggerung

Die nachfolgenden Schritte zeigen wie ein Oszilloskop ohne Autoscale-Funktion (z.B. ein Analogoszilloskop) für die vorher beschriebenen Messungen konfiguriert werden kann.

1. Um auf das Triggersignal des Logikanalysators zu triggern wählen Sie die ansteigende Flanke.
2. Setzen Sie den Triggerpegel auf 2,5 V.
3. Setzen Sie auf DC-Coupling.
4. Stellen Sie das Signal am Testpunkt 7 der Übungsplatine mit 200 mV/division dar, ebenfalls mit DC-Coupling.
5. Setzen Sie die Zeitbasis auf 2µs/division.
6. Schalten Sie den automatischen Trigger aus, wählen Sie Normal-Trigger.

13. Literaturhinweise

Benutzer- und Service-Handbuch für den Logikanalysator HP
54620A,
Fa. Hewlett-Packard

Bedienungs- und Service-Handbuch für die Oszilloskope HP 54600A
und HP 54601A, Fa. Hewlett-Packard

Theorie und Praxis der Logikanalyse, Verlag Markt & Technik