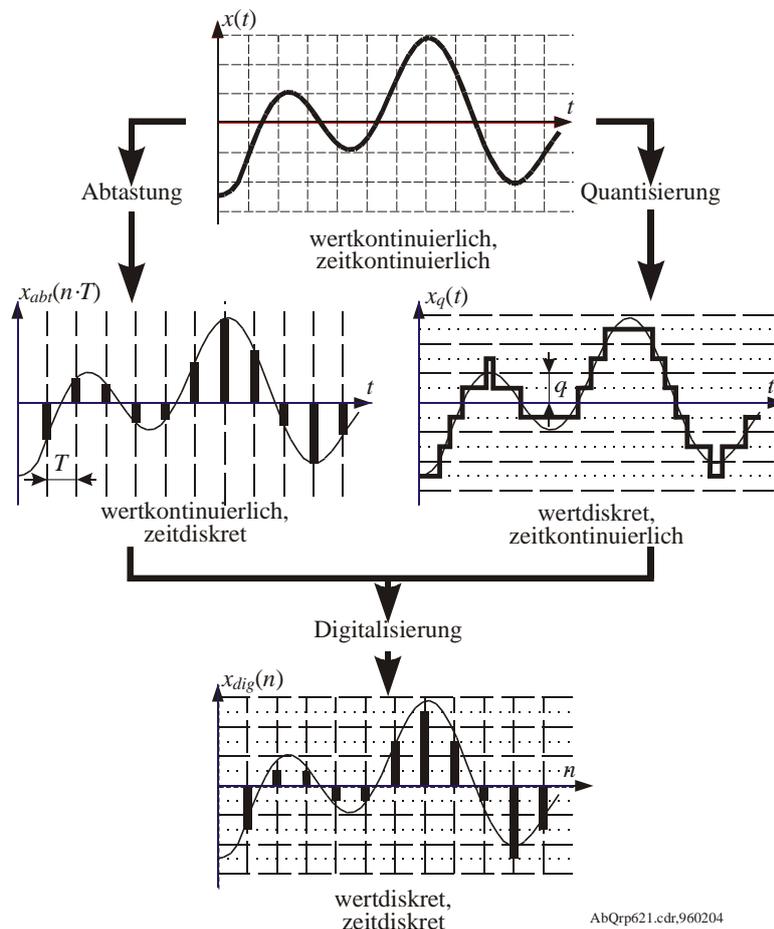


Einleitung

Das Oszilloskop

Das Oszilloskop ist das **Messgerät zur sichtbaren Darstellung von elektrischen Signalen** schlechthin. Die Stärke des Oszilloskops liegt dabei vor allem bei der Messung von Kenngrößen von nicht sinusförmigen Signalen und von Signalen in einem sehr weiten Frequenzbereich, weiters in der Darstellung bzw. Messung von Zeitwerten eines Signals bzw. Zeitbeziehungen zwischen verschiedenen Signalen und in der Darstellung funktionaler Zusammenhänge. Dabei können mit dem Oszilloskop prinzipiell **nur Spannungen gemessen** werden, Ströme müssen daher normalerweise an Messwiderständen in Spannungen umgewandelt werden, außer es steht ein stromempfindlicher Tastkopf zur Verfügung.

Digitale Speicheroszilloskope wandeln das analog anliegende Signale in digitale Werte um, um diese zu speichern, zu bewerten und zu visualisieren. Die folgende Abbildung zeigt das Prinzip der **Umwandlung eines analogen Signals** in einen wert- und zeitdiskreten Datenstrom.



AbQrp621.cdr,960204

Das Signal erfährt bei der Umwandlung eine zweifache Diskretisierung:

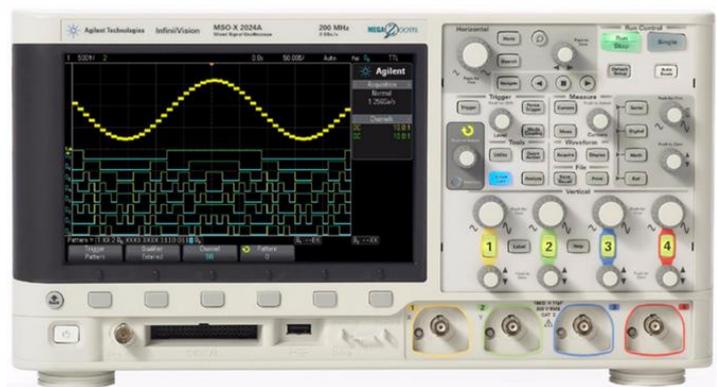
- Die **zeitliche Diskretisierung** erfolgt durch den Vorgang der äquidistanten Abtastung (dem Signal wird in fixen Abständen, welche durch die Samplingrate gegeben sind, der gerade aktuelle Wert entnommen). Weil dadurch der Verlauf des Signals zwischen den einzelnen Abtastpunkten verloren geht, muss dafür gesorgt sein, dass **bei der Messung eines veränderlichen Signals genügend viele Abtastpunkte** entnommen, beziehungsweise das Signal sich zwischen zwei Abtastungen nicht allzu viel ändert.
- Die eigentliche Umwandlung des analogen Signals geschieht in **einem Analog-Digital-Konverter (ADC)**, der sehr hohe Wandelraten bei einer eher beschränkten Auflösung bietet. Hier erfolgt eine Quantisierung des zuvor abgetasteten Messwertes durch die **Umwandlung des** (beliebig feinen) **analogen Wertes in einen digitalen Wert**, der auf bestimmte Werte beschränkt ist. Dieser Vorgang ist mit der „Rundung auf ganze Zahlen“ vergleichbar.

Nach dem ADC liegt ein Datenstrom zeit- und wertdiskreter Werte vor, der sich hervorragend digital weiterverarbeiten lässt.

Das Oszilloskop DSO-X 2002A bietet eine Abtastrate von 2GS/s (Giga Sample per second \approx Milliarde Abtastungen pro Sekunde) und einen Analog-Digital-Konverter mit einer Auflösung von 8 Bit (entspricht 1 Byte). Aus der Abtastrate lässt sich die zeitliche Diskriminierung leicht zu 0,5 ns bestimmen. Die Angabe von 8 Bit beim ADC beschreibt den Wertebereich des Ausgangs des ADCs: Das **analoge Eingangssignal kann einen von $2^8=256$ verschiedenen Werten annehmen**. Der resultierende **Datenstrom** beträgt in diesem Fall 2GB/s (Giga Byte per second \approx Milliarde Bytes pro Sekunde). Dem Benutzer wird mit dem Oszilloskops die Möglichkeit gegeben, aus dieser riesigen Datenmenge einen kleinen aber aussagekräftigen Teil herauszunehmen, diesen abzuspeichern, auszuwerten und darzustellen.

Das Agilent DSO-X 2002A:

Im Weiteren werden die einzelnen Teilbereiche der Einstellmöglichkeiten aufgelistet und die dort vorzufindenden Einstellungen erläutert.

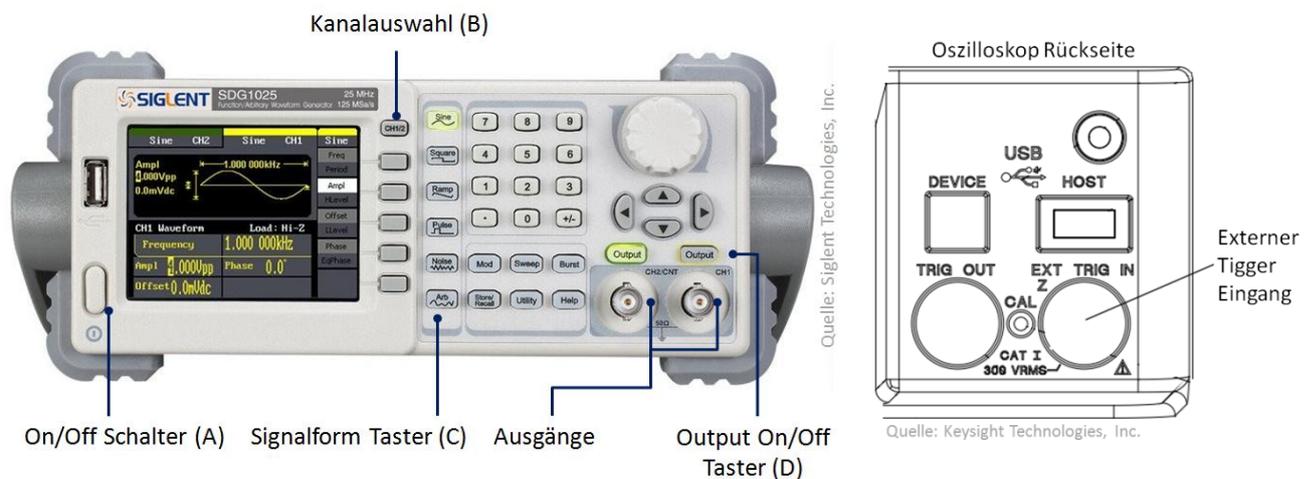


Quelle: Keysight Technologies, Inc.

Vorbereitungen:

Schalten Sie das Oszilloskop ein.

Die Signalverläufe, mit deren Hilfe die Funktionsweise der einzelnen Bedienelemente veranschaulicht werden soll, liefert der **SIGLENT SDG1025** Funktionsgenerator. Später wird auch der interne Funktionsgenerator des Oszilloskopes Verwendung finden. Verbinden Sie zunächst die Ausgänge CH1 und CH2 des Generators mit den Eingängen CH1 und CH2 des **Agilent DSO-X 2002A**, mittels BNC-Kabel. Verbinden Sie zusätzlich die **Sync Out** Ausgangsbuchse auf der Rückseite des Generators mit der **EXT TRIG IN** Eingangsbuchse auf der Rückseite des Oszilloskopes

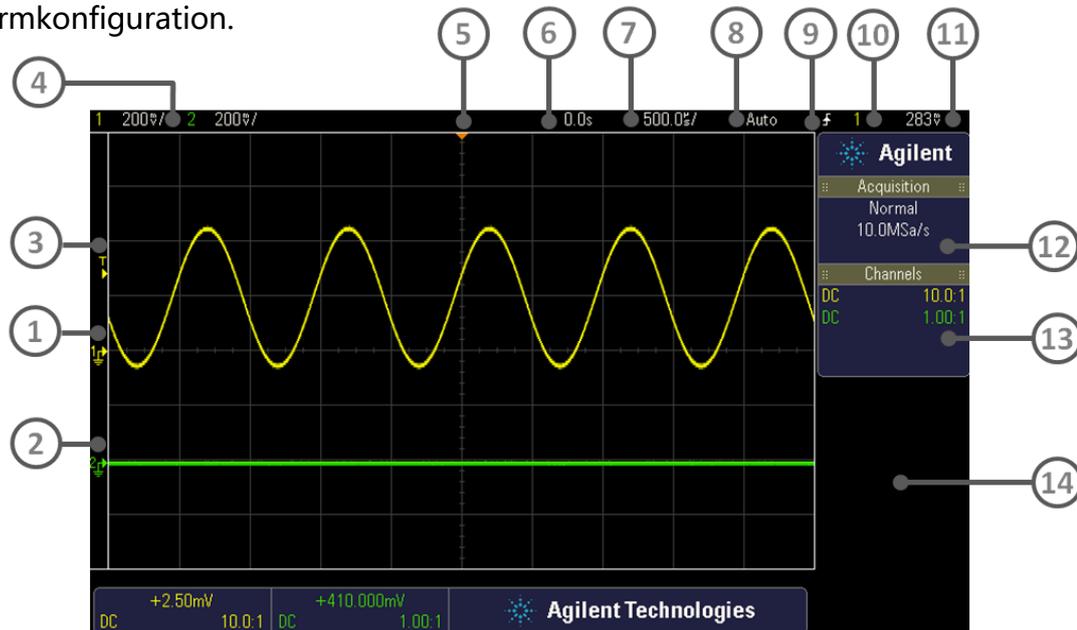


Einstellen des Funktionsgenerators

1. Schalten Sie das Gerät ein (On/Off Schalter) (A).
2. Wählen Sie **Kanal 1 (CH1)** aus (Kanalauswahl Taster)(B).
3. Wählen Sie eine Sinus Signalform (Sine Taster) (C).
4. Stellen Sie nun folgende Werte ein:
Frequenz: **1kHz**, Amplitude: **10Vpp**, Offset: 0V , Phase: 0°
5. Wählen Sie **Kanal 2 (CH2)** aus (Kanalauswahl Taster).
6. Wählen Sie eine Sinus Signalform (Sine Taster) (C).
7. Stellen Sie nun folgende Werte ein:
Frequenz: **1kHz**, Amplitude: **5Vpp**, Offset: 0V, Phase: 0°
8. Aktivieren Sie den Ausgang CH1 und CH2 (Output Tasten) (D)

Anzeige

Auf diesem Bildschirm werden **Daten in Form von Kurvenzügen** und **Messwerten** sowie **Einstellmenüs** dargestellt. In der folgenden Abbildung finden Sie eine typische Bildschirmkonfiguration.



Folgende Einstellungen sind darauf zu erkennen:

1. Masse Level Kanal 1 (GND) / Nulllinie
2. Masse Level Kanal 2 (GND) / Nulllinie
3. Triggerpegel
4. Kanalempfindlichkeit [V/Div]
5. Triggerzeitpunkt
6. Verzögerungszeit (x - Achsen Verschiebung)
7. Zeitempfindlichkeit [s/Div]
8. Start/Stop - Status Trigger
9. Triggertyp
10. Quelle für Triggerung
11. Wert des Triggerpegels
12. Informationsbereich
13. Kanalinformation (mit Multiplikator Information) (siehe Tastkopf)
14. Bereich Reserviert für Messungen

In den freien Feldern auf der rechten Seite des Bildschirms ist Platz für verschiedene Menüs, die die Möglichkeit weiterer Einstellungen und Messwerte bieten.

Experimentieren Sie mit dem Gerät, indem Sie selbst die verschiedenen Einstellungen ändern und Sie so mit dem Gerät und seinen Funktionen vertraut werden!

Vertikalteil

Oszilloskope besitzen standardmäßig **zwei Eingangskanäle für Messsignale**, die an BNC-Buchsen (Bajonett-Neill-Concelman, Bajonettverschluss benannt nach den Entwicklern) herausgeführt sind (**CH A / CH B oder CH 1 / CH 2**). Die beiden Kanäle besitzen **eine gemeinsame Masse** (äußerer Teil der BNC-Buchse), die gleichzeitig mit dem Gehäuse des Oszilloskops verbunden ist.



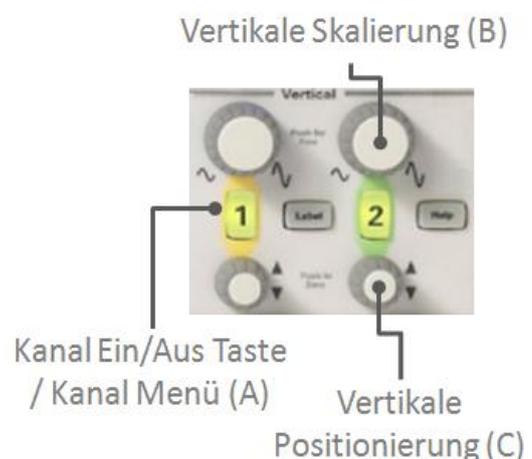
Masse ist das gemeinsame Bezugspotential für die Spannungen in einer Schaltung, die es ermöglicht, von der Spannung an einem Punkt der Schaltung zu sprechen (Spannung = Potentialdifferenz!) und Spannungssignale innerhalb der Schaltung mit nur einem Anschluss weiterzuleiten und zu verarbeiten. Gemeint ist mit der **Spannung an einem Punkt** immer die **Potentialdifferenz gegenüber Masse**. Aus Sicherheitsgründen ist das Gehäuse und damit die Masse des Oszilloskops immer geerdet. Daher können mit dem Oszilloskop normalerweise nur auf Erde bezogene Spannungen gemessen werden. Damit



sind zwei häufig auftretende Probleme verbunden: Wenn die Schaltung, in der gemessen werden soll, bereits geerdet ist, liegt das Bezugspotential der zu messenden Spannungen mit Erde bereits fest. **Beim Messen einer Spannung mit dem Oszilloskop wird durch das Verbinden der Oszilloskopmasse mit einem Punkt der Schaltung dieser Punkt mit Erde verbunden.** Wenn in einer geerdeten Schaltung **nicht erdbezogene (erdfreie) Spannungen** gemessen werden sollen, so muss dies **durch eine Differenzmessung** erfolgen.

Bedienelemente:

Durch Druck auf die Taste **[1]/[2] (A)** wird der jeweilige Kanal **ein-** bzw. **ausgeschaltet**. Weiters erscheint am unteren Rand der Anzeige das **Kanal Menü**. Der große **Drehregler (B)** verändert den **Vertikalmaßstab** (Volt pro Division). Der Vertikalmaßstab wird durch die Verstärkung bzw. Abschwächung der Eingangsstufen bestimmt. Mit dem kleineren **Drehregler (C)** lässt sich das Signal **in vertikaler Richtung verschieben**. Dadurch lässt sich die Nulllinie für das Signal am Schirm beliebig festlegen



Kanaleinstellungen:

Durch **Druck auf die Taste [1]/[2]** erscheint ein Menü mit Einstellungen für den jeweiligen Kanal.



Folgende Einstellungen können hier gemacht werden:

- **Kopplung (Coupling):** Ein **Wechsel signal (U(t))** kann **aufgetrennt** werden in einen **Gleichanteil** (U_0 , zeitlicher Mittelwert) **und** einen **Wechselanteil** ($u(t)$, Differenz des Signals zum Gleichanteil: $u(t)=U(t)-U_0$). Über die **Signalkopplung** kann man **wählen**, ob nur der Wechselanteil des Signals (AC, ~), oder das Signal mit Gleichanteil (DC, ~) an die Eingangsstufe gelegt wird.



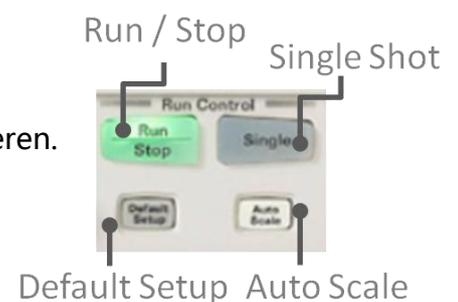
Die **Stellung AC** ist zur Darstellung des Wechselanteils von Signalen mit einem kleinen Verhältnis von Wechselanteil zu Gleichanteil mit hoher Empfindlichkeit vorgesehen. Dazu wird zwischen Buchse und Eingangsteil ein Koppelkondensator geschaltet, der **nur den Wechselanteil des Signals** überträgt. Allerdings werden dann auch Signale mit sehr niedriger Frequenz schlechter übertragen. Als **Standardeinstellung** sollte daher **DC**, also **direkte Einspeisung des Messsignals** verwendet werden.

Bandbreiten Begrenzung (BW Limit): Auswahl zwischen voller Bandbreite des Oszilloskops (60MHz/100MHz) und begrenzter Bandbreite (20MHz). Falls nicht explizit anders erwünscht, immer volle Bandbreite verwenden.

- **Fein (Fine):** Einstellung zwischen „Grob “ und „Fein “ für Vertikalmaßstab.
- **Invertieren (Invert):** Invertiert das Eingangssignal.
- **Tastkopf / Messsonde (Probe):** Wird ein Tastkopf mit eingebauter Abschwächung verwendet, so kann diese Abschwächung hier eingestellt werden, damit dieser Faktor bei der Anzeige von Messwerten berücksichtigt werden kann (z.B.: 10:1).

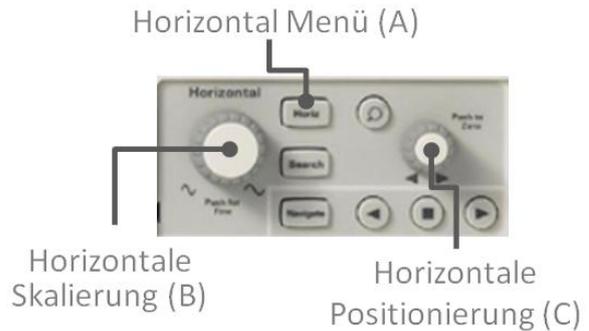
Run Control:

- **Run / Stop:** Normale Aufzeichnung / Wellenform einfrieren.
- **Single Shot:** Zum Aufzeichnen von Einzelereignissen.
- **Default Setup:** Zurückstellen der Einstellungen.
- **Auto Scale:** Automatische Skalierung der Signaldarstellung



Horizontalteil

Mit Hilfe der Einstellungen des Horizontalteiles kann die zeitliche Auflösung und Position des Signals festgelegt werden.



Horizontal Menü Taste (A):

Hiermit kann das Horizontal Menü aufgerufen werden.

Hauptzeitbasis Drehregler (B):

Mit diesem Drehregler wird die **Hauptzeitbasis des Oszilloskops** eingestellt. Der **aktuelle Wert ist am Bildschirm (7) ablesbar**. Die Anzeige erfolgt in der Einheit „**Sekunden pro Divison** “. Wird am Display für die Horizontalauflösung zum Beispiel „50.0ms “ abgelesen, so kann am gesamten Bildschirm eine Zeitdauer von 500ms dargestellt werden.

Horizontalposition Drehregler (C):

Hiermit kann das Signal horizontal verschoben werden. Der Drehregler bestimmt die horizontale Position des Triggerzeitpunktes am Schirm. Auf dem Bildschirm kann die Differenz zwischen der Bildschirmmitte und der Triggerposition abgelesen werden.

Menüeinstellungen:



Folgende Einstellungen können hier gemacht werden:

- **Zeitmodus (Time Mode):** Es kann zwischen Normal, Roll, und XY gewählt werden. **Normal** ist die Standardbetriebsart des Oszilloskopes. Im **XY Mode** wird aus einer Spannungs-/Zeit-Anzeige eine Spannungs-/Spannungs-Anzeige. Wobei CH1 der X-Achse und CH2 der Y-Achse entspricht. Rollen (**Roll**) bewegt die Wellenform langsam von rechts nach links.
- **Zoom:** Ermöglicht das Hineinzoomen in gestoppte Signalverläufe.
- **Fein (Fine):** Einstellung zwischen „Grob “ und „Fein “ für Horizontalmaßstab.

Triggereinheit

Die Aufgabe der Triggereinheit ist es, einen **Startimpuls für die Bildaufbereitung der laufend abgespeicherten Daten** zu generieren. Dazu enthält sie als wesentliches Element einen Komparator (Spannungsvergleicher), dessen Schaltschwelle und Ansprechrichtung eingestellt werden können. Das heißt, **wenn** das an die Triggereinheit **angelegte Signal die eingestellte Schwelle** in der vorgegebenen Richtung **über- bzw. unterschreitet**, wird ein **Impuls erzeugt**, der die **Bildaufbereitung auslöst**. Diese Schwelle lässt sich mittels des **Trigger Drehreglers [Level]** einstellen.

Einstellungen für Trigger:



Nach drücken der Taste [Trigger] erscheint das Einstellungs Menü für die Triggerung:

- Trigger: Einstellung auf welche Signalform getriggert werden soll. In dieser Übung wird lediglich die Stellung auf Flanke [Edge] getriggert.
- Slope / Flanke dient zur Auswahl einer steigenden, fallenden oder alternierenden Flanke, von der das Triggersignal abgeleitet wird.
- Source / Quelle: Als Quelle für das Triggersignal können unter anderen die Eingangssignale an den Kanälen (1, 2) oder ein externes Signal, das an den speziellen Triggersignaleingang angelegt wird ausgewählt werden. Weitere Optionen sind triggern auf internen Funktionsgenerator und netzsynchrones Triggern.



Eine externe Triggerung sollte immer dann verwendet werden, wenn ein Taktsignal mit festem Zeitbezug zum Messsignal zur Verfügung steht, wie z.B. der Synchronisationsausgang bei einem Funktionsgenerator. Man erhält so auch dann eine einwandfreie Triggerung, wenn das Messsignal keine geeigneten Triggerpunkte aufweist (keine steilen Flanken oder viele gleiche Flanken innerhalb einer Periode). Außerdem erweist sich eine externe Triggerung als vorteilhaft, wenn viele verschiedene Signale mit einem gemeinsamen Zeitbezug hintereinander betrachtet werden.

Taste Mode / Coupling



- Betriebsart (MODE): Wenn die Triggereinstellung ungünstig für das Triggersignal ist (besonders dann wenn der Eingang, der als Triggerquelle dient, auf GND geschaltet ist), kann es auftreten, dass der Trigger nie anspricht und daher auch kein Bild zu sehen ist. Um in diesem Fall trotzdem ein Bild zu erhalten, gibt es den Triggermodus **AUTO**, bei dem, wenn nach einer gewissen Zeit kein Triggerimpuls auftritt, in jedem Fall die Bilddarstellung gestartet wird. Dadurch erhält man ein möglicherweise laufendes Bild. Der Trigger kann dann so eingestellt werden, bis das Bild steht. Für die Darstellung von Signalen, die sich nur langsam ändern, kann in den Modus **NORMAL** gewechselt werden, in dem nur das eingestellte Triggerereignis wirksam ist (im Gegensatz zu AUTO, wo nach einer bestimmten Zeit automatisch getriggert wird). Um die Einstellung des Triggers zu erleichtern, gibt es eine Anzeige die „**Trig’ d**“ anzeigt, wenn der Triggerimpuls vom Signal abgeleitet wurde.
- Coupling (Kopplung): Wenn als Triggerquelle ein Eingangskanal verwendet wird, sollte für den Trigger die gleiche Kopplung eingestellt werden wie für den Vertikalteil (AC bzw. DC).
- Holdoff: Wenn im Signal mehrere ähnliche Triggerflanken auftreten, kann es zu Doppel- oder Mehrfachbildern kommen. Um dies zu vermeiden, gibt es die Möglichkeit, den **Trigger nach dem Ablaufen für eine gewisse, einstellbare Zeit zu sperren** (HOLD OFF) bis die gewünschte Flanke im Signal wieder auftritt.
- Bei Fragen zu weiteren Einstellmöglichkeiten diese Menüs wenden Sie sich an Ihren Tutor.

Drehregler TRIGGER - LEVEL

Ermöglicht die **Festlegung der Signalamplitude zum Triggerzeitpunkt**.

Taste “FORCE TRIGGER” :

Durch den Druck auf diese Taste wird ein Triggerereignis ausgelöst

MEASURE / CURSORS / SAVE / ACQUIRE

MEASURE: Dieses Menü erlaubt die **automatische Messung von bis zu 4 Messwerten** aus den am Bildschirm dargestellten Signalverläufen. Wesentlich für die korrekte Anzeige des Messwertes ist die prinzipielle Möglichkeit der Messung aus den am Bildschirm verfügbaren Daten: So kann zum Beispiel keine Frequenz eines Signals bestimmt werden, wenn nur ein Teil der Periode zu sehen ist.



Mittels Quelle (**Source**) kann der zu messende Kanal eingestellt werden und mittels **Type** kann die Messgröße ausgewählt werden. **Add Measurement** und **Clear Meas** fügen Messgrößen zur Auswahl hinzu bzw. entfernen diese.

CURSOR:



Ein weiteres, **wichtiges Werkzeug zur Messung von Kennwerten** liefert das Cursor Menü. Es erlaubt Messungen vom Typ Zeit und Spannung. Bei **Zeitmessung** erscheinen zwei **vertikale punktierte Linien**, die mit den Drehregler "Cursors" verschoben werden können. Angezeigt wird die Zeit zwischen den beiden Zeitmarkern, die daraus resultierende Frequenz, sowie der zeitliche Abstand der Marker vom Triggerzeitpunkt. Die **Spannungsmessung** liefert zwei **horizontale Marker**, zwischen denen die Differenzspannung (Delta), sowie die absolute Spannung der Marker in Bezug auf die Nulllinie des eingestellten Kanals (Quelle) zu finden sind.

SAVE: Diese Menü ermöglicht es die dargestellten Werte zu speichern.

ACQUIRE: Unter **Acq Mode** stehen verschiedene Erfassungsmodi zur Auswahl unter Anderem auch Mittelwertbildung (**Averaging**).



Signalkopplung

Ändern Sie die **Signalkopplung auf Wechselfspannung (CH1-Menü)**. Das Signal ist jetzt um den Gleichanteil des Signals vertikal verschoben und dadurch nullsymmetrisch.



Wenn Sie das erste Mal auf Wechselfspannungskopplung schalten oder wenn Sie mit den Tastkopf zwischen Signal und Masse wechseln, können Sie sehen, dass das Signal einige Zeit benötigt, bis es stabil steht. Es wandert vertikal in seine Endlage. Dieser Vorgang entsteht dadurch, dass der Koppelkondensator einige Zeit benötigt, bis er sich auf den Gleichanteil des Signals aufgeladen hat.

Speichern Sie die Daten als .png bei Wechselfspannungskopplung:

Die Verschiebung zwischen wechselfspannungs- und gleichspannungs-gekoppeltem Bild ist genau der Gleichanteil des Signals. Messen Sie so den Gleichanteil des Signals mit den **Cursorfunktionen**.

Gleichanteil $U_0 =$ _____ V

Vergleichen Sie diesen Wert mit dem oben gemessenen Mittelwert.

Verbinden Sie nun Kanal 1 wieder mit dem Ausgang des **SIGLENT Funktionsgenerators**. Stellen Sie eine **rechteckförmige Spannung mit 50Hz, 10Vpp** und **Gleichspannungs-Offset Null** ein.

- Verbinden Sie den **50Ohm Ausgang** mit einem BNC-Kabel mit dem Kanal 1 des Oszilloskops, schalten Sie den Eingang auf Gleichspannungskopplung (DC).
- Verwenden Sie die Drehregler für **Vertikalmaßstab (VOLTS/DIV)** **Hauptzeitbasis (SEC/DIV)** um einige Perioden des Signals möglichst Bildschirmfüllend darzustellen.
- Speichern Sie das Ergebnis und messen Sie die Periodendauer, die Minimal- und die Maximalamplitude sowie den Spitze-Spitze-Wert des Signals.

Periodendauer $T =$ _____ s $U_{\max} =$ _____ V

$U_{\min} =$ _____ V $U_{SS} =$ _____ V

Triggerung

Stellen Sie am **Funktionsgenerator** ein **dreieckförmiges Signal mit 10kHz**, maximaler Amplitude und einem Offset von Null ein, und stellen Sie das Signal mit **Gleichspannungskopplung** am Oszilloskop dar.

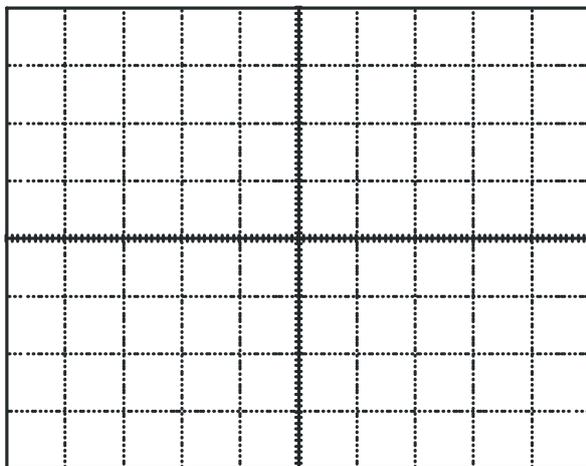
- Untersuchen Sie den **Einfluss der Triggerflanke** („Flanke “ in Triggermenü).
- Schalten Sie den Triggermodus auf „Normal “ und untersuchen Sie den **Einfluss des Triggerlevels** (Achten Sie dabei auf den Status der Triggerung am Bildschirm)
- Variieren Sie den Offset und die Amplitude des Funktionsgenerators.
- Versuchen Sie **dasselbe für ein sinus- und ein rechteckförmiges Signal**.

Vermessen Sie das **Signal am SYNC-Ausgang des Funktionsgenerators** (bei manchen Funktionsgeneratoren TTL-Ausgang). Schließen Sie dazu den Ausgang an Kanal 2 an und aktivieren Sie diesen. Das Signal ist unabhängig von den Einstellungen für Amplitude und Offset.

Skizzieren Sie den Verlauf im folgenden Bild.

Y = V/Div

X = s/Div



$U_{max} =$ _____ V
 $U_{min} =$ _____ V
 $U_{SS} =$ _____ V

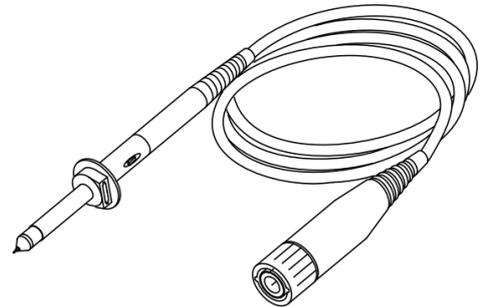
Schließen Sie den SYNC-Ausgang an den externen Triggereingang und den CH1-Ausgang an den Kanal 1 des Oszilloskops an. Verwenden Sie den Triggermode NORMAL, die externe Triggerquelle (SOURCE: EXT) und stellen Sie den Triggerlevel so ein, dass ein stehendes Bild entsteht. Variieren Sie wieder den Offset und die Amplitude des Funktionsgenerators. Speichern Sie Ihre Ergebnisse. Drücken Sie die Taste **[Mod]** am Funktionsgenerator. Untersuchen Sie nun den Vorteil Ihres Messaufbaus und diskutieren Sie Ihre Ergebnisse mit Ihrem Tutor.

Erklären Sie den Vorteil dieses Messaufbaus:

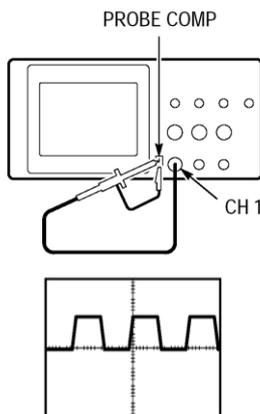


Tastköpfe

Zum **Anschließen des Oszilloskops an die zu messende Schaltung** werden Tastköpfe verwendet. Sie ermöglichen eine gute Befestigung der Messleitung am Messpunkt, eine gute Schirmung der Messleitung durch ein Koaxialkabel und den Masseanschluss in Form einer Krokodilklemme, die mit einem masseführenden Punkt verbunden werden sollte.



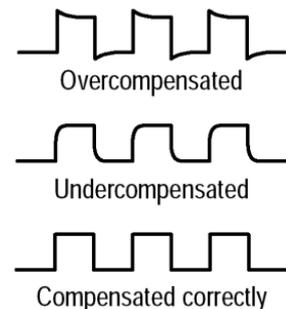
Außerdem ermöglichen sie es, durch die Verwendung eines **Spannungsteilers (1:10 oder 1:100)** die **Belastung** der Schaltung (die Rückwirkung des Oszilloskops auf die zu messende Schaltung) gegenüber dem direkten Anschließen des Oszilloskops zu reduzieren und so auch in empfindlichen **Schaltungen ohne nennenswerte Rückwirkung** zu messen. Mit der Verwendung des Abschwächers ist natürlich ein Verstärkungsverlust verbunden und **dem Oszilloskop muss die aktuelle Abschwächung des Tastkopfes bekannt sein, um die Messwerte entsprechend korrigieren zu können.**



- Schließen Sie den **Tastkopf an den Eingang „CH1“** an. Stellen Sie am Tastkopf die **Abschwächung 1:10**.
- Schließen Sie den Tastkopf wie links gezeigt am Kalibrationsausgang „**PROBE COMP**“ an.
- Stellen Sie den Signalverlauf ähnlich dem im linken Bild dargestellten Signalverlauf ein.



Wie schon oben erwähnt, muss ein Tastkopf abgeglichen werden. Im Bild links sehen Sie die Effekte, die durch schlecht abgeglichene Tastköpfe auftreten können. Sollte das Signal am Oszilloskop so wie der erste oder der zweite Verlauf aussehen, müssen Sie die Kompensation nachjustieren: Am Tastkopf finden Sie eine kleine Schraube, die Sie mit Hilfe eines bereitgestellten Schraubendrehers so einstellen, dass das dargestellte Signal dem dritten Signalverlauf gleicht.





Messung von Netzbrumm

Bauen Sie auf dem Steckbrett einen Spannungsteiler mit zwei 1 MΩ-Widerständen auf. Speisen Sie diesen Spannungsteiler vom Funktionsgenerator mit einem Rechtecksignal mit minimaler Amplitude, einem Offset von Null und einer Frequenz von 1kHz und messen Sie die Ausgangsspannung des Spannungsteilers mit dem Oszilloskop. Verwenden Sie dazu einen Tastkopf (**schließen Sie bei dieser Messung aber die Masseklemme nicht an**).

a) Triggern Sie auf das Signal. Sie sollten jetzt je nach Zeitablenkung ein mehrfach überlagertes Bild oder eine wandernde vertikale Verschiebung des Signals sehen.

b) Wechseln Sie die Quelle des Triggers auf „Netz “ und stellen Sie eine Zeitablenkung von 2ms/DIV ein. Die vertikale Verschiebung des Signals bleibt jetzt stehen, jedoch das Signal wandert in horizontaler Richtung. Die dem Signal überlagerte Störung ist offensichtlich synchron zur Netzspannung. Messen Sie die Spitze-Spitze-Spannung und die Frequenz der Störung.

$$U_{SS} = \underline{\hspace{2cm}}$$

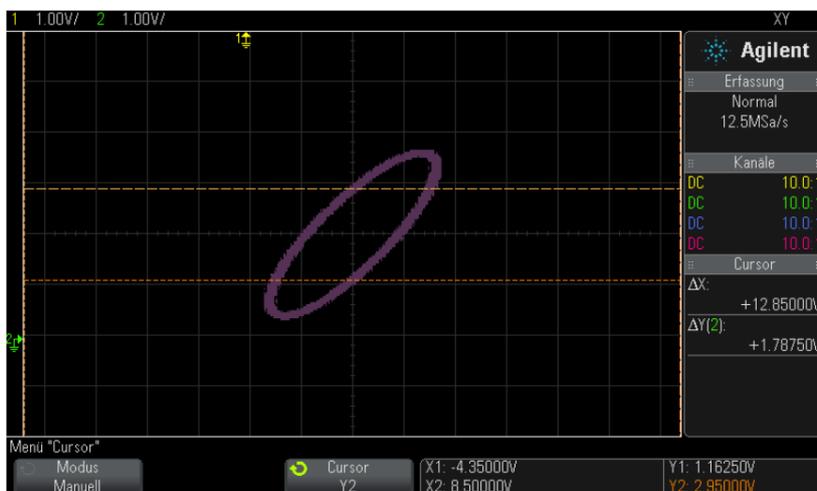
$$f = \underline{\hspace{2cm}}$$



XY - Betrieb

Schließen Sie die beiden Ausgänge des Funktionsgenerators an die Eingänge des Oszilloskop an. Stellen Sie an beiden Kanälen ein 1 kHz, 5 Vpp, 0 V Offset Sinussignal ein. Stellen Sie im Horizontal Menü den Time Mode auf XY.

Versuchen Sie nun Ihr Oszilloskop so einzustellen das ein Kreis dargestellt wird.



Speichern Sie die Daten als .png ab. Was passiert wenn Sie die Frequenz am Generator geringfügig ändern?



Messung der maximalen Ausgangsfrequenz des Funktionsgenerators

Stellen Sie den **Funktionsgenerator auf die maximal mögliche Frequenz** ein. Stellen Sie das Signal am Oszilloskop dar und **messen Sie die Periodendauer und Frequenz** des Signals.

maximale Ausgangsfrequenz des FG: _____



Messung der Aussteuergrenzen des Funktionsgenerators



Der Ausgang des Funktionsgenerators kann nur Spannungen in einem beschränkten Bereich liefern, dessen Grenzen im Folgenden als maximale und minimale Ausgangsspannung bezeichnet werden. Es gibt jedoch zusätzlich eine obere bzw. untere Grenzspannung, bei deren Überschreitung das Ausgangssignal verzerrt wird (Aussteuergrenzen). Die Aussteuergrenzen sind betragsmäßig kleiner als die jeweilige maximale bzw. minimale Ausgangsspannung.

Bestimmen Sie die maximale und minimale Ausgangsspannung und die positive und negative Aussteuergrenze für ein verzerrungsfreies Signal.

Hinweis: Verwenden Sie dazu ein Dreieckssignal mit maximaler Amplitude im kHz-Bereich und verändern Sie den Offset.

maximale Ausgangsspannung: _____ V

minimale Ausgangsspannung: _____ V

positive Aussteuergrenze: _____ V

negative Aussteuergrenze: _____ V



Vergleich Multimeter - Oszilloskop

Schalten Sie die Multimeter **AGILENT 1232A** und **NEUMANN 9140** parallel zum **Oszilloskop an den Funktionsgenerator**. Verwenden Sie dazu ein T-Stück, mit dem Sie zwei BNC-Kabel von einer Buchse wegführen können. Stellen Sie **am Funktionsgenerator der Reihe nach Sinus-, Dreieck-, und Rechtecksignale mit einer Frequenz von 50Hz**, einer Spannung von **8 Volt Spitze-Spitze** und einem **Offset von 5 Volt** ein (so dass die Minimalamplitude genau 1 Volt beträgt). Benutzen Sie dazu das Oszilloskop. Messen Sie mit den Multimetern für jede Signalform Gleichspannung und Wechselspannung und tragen Sie die Ergebnisse in die folgende Tabelle ein.

Signal- form	Spitze- Spitze- Spanng	Offset	1232A Wechsel- spannung	1232A Gleich- spannung	NM 9140 Wechsel- spannung	NM 9140 Gleich- spannung	DSOX 2002 Effektivwert
Sinus	8 V	5 V					
Dreieck	8 V	5 V					
Rechteck	8 V	5 V					



Während der Gleichanteil des Signals bei Multimeter und Oszilloskop übereinstimmt, differieren die Wechselspannungswerte der verschiedenen Signalformen erheblich. Dies liegt daran, dass es für Wechselsignale unterschiedliche Kennwerte gibt, mit denen das Signal beschrieben werden kann (siehe Übung 2).

Digitale Multimeter messen in der Einstellung „Wechselspannung“ im Allgemeinen nicht die Spitze-Spitze-Spannung sondern den Effektivwert der Spannung. Dabei ist aber zu beachten, dass der angezeigte Effektivwert im Allgemeinen von der Form des Spannungssignals und der verwendeten Multimeterfamilie abhängt.

Folgende Realisationen sind zu finden:

- **Messung über Gleichrichtmittelwert:** Dies ist die einfachste Lösung, die in billigen Multimetern (z.B. NEUMANN 9140) angewandt wird. Dazu wird der Gleichanteil mit einem Kondensator abgekoppelt und das Wechselsignal mit Hilfe z.B. eines Diodengleichrichters gleichgerichtet und geglättet. Der Wert dieser Spannung entspricht dem Gleichrichtmittelwert der mit dem Effektivwert

über einen **signalformabhängigen Faktor** (z.B. 1.11 bei Sinusverläufen) zusammenhängt (siehe Übung 2). Während das Ergebnis für sinusförmige Signalverläufe gut stimmt, ist bei anderen Signalen (z.B. Rechteck oder Dreieck) ein relativ großer Fehler zu erwarten.

- **Effektivwertmessung der Wechselspannung:** Diese Art wird findet beim FLUKE 87V verwendet. Dieses Gerät koppelt zwar ebenso die Gleichspannung ab, misst dann aber den wirklichen Effektivwert („**TRUE RMS**“). Eine überlagerte Gleichspannung wird aber nicht berücksichtigt, diese muss separat gemessen und ins Ergebnis einbezogen werden
- **Effektivwertmessung der Gleich- und Wechselspannung gemeinsam:** Bei manchen Messgeräten (z.B. AGILENT 1232A) oder bei einem Oszilloskop wird der Effektivwert des gesamten Signals berechnet.



Berechnen Sie in der folgenden Tabelle aus den am Oszilloskop eingestellten Werten die Messwerte, die Sie nach den obigen Erläuterungen am Multimeter NEUMANN 9140 erhalten sollten, und vergleichen Sie sie mit den gemessenen Werten.

Signalform	Verhältnis Gleichrichtmittelwert zu Spitze-Spitze-Wert $\frac{\overline{ u(t) }}{U_{SS}}$	Verhältnis Effektivwert zu Spitze-Spitze-Wert U_{eff} / U_{SS}	Verhältnis Effektivwert zu Gleichrichtmittelwert $U_{eff} / \overline{ u(t) }$	Eingestellter Spitze-Spitze-Wert U_{SS}	Berechneter Gleichrichtmittelwert $\overline{ u(t) }$	Berechneter Messwert für das Multimeter NM 9140
Sinus	$1/\pi$	$1/(2 \cdot \sqrt{2})$		8 V		
Dreieck	$1/4$	$1/(2 \cdot \sqrt{3})$				
Rechteck	$1/2$	$1/2$				

Frequenzabhängigkeit



Messen Sie bei einem sinusförmigen Signal die obere und die untere Frequenz bei der das Multimeter NEUMANN 9140 eine Abweichung von 10% erreicht. Überprüfen Sie die Amplitude des Signals mit dem Oszilloskop.