

Moderne Oszilloskop- Meßtechnik

Teil 9

Ein wesentliches Merkmal moderner Oszilloskope sind die verschiedenen Triggermöglichkeiten. Was hier heute üblicherweise geboten wird, zeigt der neunte Teil dieser Artikelserie.

8.3 Triggerung und Zeitablenkung

In Kapitel 7.4 haben wir im Rahmen dieser Artikelserie die für die Triggerung relevanten Bedienelemente bereits kennengelernt und wollen nun die sich im einzelnen dahinter verbergenden Funktionen näher betrachten.

Die Aufzeichnung eines Signals ist erst dann möglich, wenn die Zeitablenkung ausgelöst bzw. getriggert wird.

Damit sich ein stehendes Bild ergibt,

muß die Auslösung synchron mit dem Meßsignal erfolgen. Dies ist durch das Meßsignal selbst oder eine extern zugeführte, aber ebenfalls synchrone Signalspannung möglich. Die Triggerspannung muß eine gewisse Mindestamplitude haben, damit die Triggerung überhaupt einsetzt.

Die mit einem Sinussignal ermittelte Mindestamplitude für die Triggerspannung, bei der sich ein einwandfrei stehendes Signal ergibt, nennt man Triggerschwelle.

Wird die Triggerspannung intern dem Meßsignal entnommen, kann als Triggerschwelle die vertikale Bildschirmhöhe in mm angegeben werden.

Im allgemeinen liegt die Triggerschwelle heute bei ≥ 5 mm bzw. 0,5 Div. Die Angabe der Triggerschwelle finden Sie in den technischen Daten Ihres Oszilloskops. Für die extern zugeführte Triggerspannung erfolgt die Angabe der Triggerschwelle in V_{ss} .

Im allgemeinen darf die extern anlie-

gende Triggerspannung um ein Vielfaches höher als die angegebene Triggerschwelle sein. Der 20fache Wert sollte jedoch nicht überschritten werden. Einige Geräte bieten hier die Möglichkeit einer Dämpfung/Teilung der extern zugeführten Spannung, um so eine einwandfreie Triggerung auch mit hohen Signalspannungen zu gewährleisten.

Nachfolgend wollen wir die heute üblichen Trigger-Betriebsarten (Trigger-Mode) „Automatische Triggerung“ und „Normaltriggerung“ betrachten.

8.3.1 Automatische Triggerung

Bei „Automatischer Triggerung“ wird die Zeitablenkung periodisch ausgelöst, auch ohne angelegte Meßspannung oder externe Triggerspannung. Ohne Meßspannung sieht man nur eine Zeitlinie (von der ungetriggerten, also freilaufenden Zeitablenkung). Bei anliegender Meßspannung beschränkt sich die Bedienung im wesentlichen auf die richtige Amplituden- und Zeitbasis-Einstellung bei immer sichtbarem Strahl.

Eine Trigger-Pegel-Einstellung (Trig-Level) ist bei automatischer Triggerung weder nötig noch möglich. Die einfache der Bedienung empfiehlt die automatische Triggerung für alle unkomplizierten Meßaufgaben. Sie ist aber auch die geeignete Betriebsart für den „Einstieg“ bei diffizilen Meßproblemen, nämlich dann, wenn das Meßsignal selbst in bezug auf Amplitude, Frequenz oder Form noch weitgehend unbekannt ist.

Mit automatischer Triggerung werden alle Parameter voreingestellt, dann kann der Übergang auf Normaltriggerung erfolgen. Die automatische Triggerung arbeitet üblicherweise ab einer unteren Grenzfrequenz von ca. 10 Hz bis hinauf zur oberen Grenzfrequenz des Oszilloskops.

Die automatische Triggerung folgt allen Änderungen oder Schwankungen des Meßsignals sofort. Wird jedoch das Tastverhältnis eines Rechtecksignals so stark verändert, daß sich der eine Teil des Rechtecks zum Nadelimpuls verformt, kann die automatische Triggerung aussetzen. Bei automatischer Triggerung liegt der Triggerpunkt etwa im Nulldurchgang des Triggersignals. Bei steilem Signal-Nulldurchgang kann die Zeit zum Auslösen der Zeitbasis zu kurz werden. Dann muß auf Normaltriggerung umgeschaltet werden. Die automatische Triggerung ist sowohl bei interner als auch bei externer Triggerung anwendbar.

8.3.2 Normaltriggerung

Bei Normaltriggerung und entsprechender, korrekter Trigger-Pegel-Einstellung (Trig-Level) kann die Auslösung, bzw. Triggerung der Zeitablenkung an jeder

Stelle einer Signalfanke erfolgen. Der mit dem LEVEL-Knopf erfaßbare Triggerbereich ist stark abhängig von der Amplitude des extern zugeführten Trigger-Signals. Bei interner Triggerung wird der Einstellungsbereich des Triggerlevels automatisch entsprechend dem Y-Teilerschalter (V/Div) angepaßt, d. h., der Einstellungsbereich überstreicht stets den gesamten Bildschirmbereich. Bei Signalen, die nur etwa 10 % der Bildschirmhöhe erreichen, erfordert die Pegeleinstellung wegen des kleinen Fangbereichs oft etwas Feingefühl.

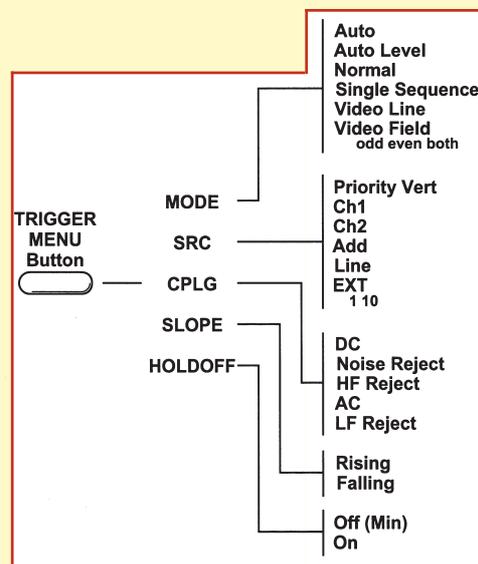
Ist der Triggerpegel falsch eingestellt, d. h., er liegt außerhalb der Amplitude des Meßsignals, so ist bei Analog-Oszilloskopen der Bildschirm dunkel. Bei digitalen Oszilloskopen bleibt in der Regel das zu-

einer Signalkurve oder die negative Flanke im positiven Teil einer Signalkurve befinden.

Die Flankenrichtung kann sowohl bei automatischer Triggerung als auch bei Normaltriggerung gewählt werden. Bei Normaltriggerung kann mit dem Level-Knopf (Trigger-Pegel) der Triggerpunkt auf der betreffenden Flanke in gewissen Grenzen beliebig verschoben werden.

8.3.4 Triggerkopplung

Die Kopplungsart und der Durchlaßfrequenzbereich der Triggerschaltung wird durch die Wahl der Triggerkopplung bestimmt. Im wesentlichen sind heute vier verschiedene Triggerkopplungen üblich.



Bedienelemente und Bildschirmmenü für die Triggersteuerung

letzt gemessene Signal auf dem Bildschirm stehen, ohne daß eine weitere Änderung angezeigt wird. Mit Normaltriggerung sind auch komplizierte Signale triggerbar.

Bei Signalgemischen ist die Triggermöglichkeit abhängig von gewissen periodisch wiederkehrenden Pegelwerten, die u. U. erst bei gefühlvollem Drehen des LEVEL-Knopfes gefunden werden. Hier wird die Einstellung durch eine Triggerpegelanzeige vereinfacht, die bei vielen Oszilloskopen heute schon zur Grundausstattung gehört. Weitere Hilfsmittel zur Triggerung sehr schwieriger Signale sind der Zeit-Feineinstellknopf und die HOLD-OFF-Zeiteinstellung, auf die wir später noch näher eingehen wollen.

8.3.3 Triggerflankenrichtung

Die Triggerung kann bei automatischer und bei Normaltriggerung wahlweise mit einer steigenden oder einer fallenden Triggerflanke einsetzen. Hierbei ist der absolute Spannungswert der Signalspannung ohne Bedeutung, d. h., die positive Flankenrichtung kann sich auch im negativen Teil

AC: Der Triggerbereich erstreckt sich von ca. 10 Hz bis hinauf zu einigen MHz, je nach Oszilloskop. Dies ist die am häufigsten zum Triggern benutzte Kopplungsart. Außerhalb des oben angegebenen Frequenzbereichs steigt die Triggerschwelle zunehmend an.

DC: Der Triggerbereich erstreckt sich von DC (0 Hz) wiederum bis zu einigen MHz.

DC-Triggerung ist dann zu empfehlen, wenn bei ganz langsamen Vorgängen auf einen bestimmten Pegelwert des Meßsignals getriggert werden soll, oder wenn impulsartige Signale mit sich während der Beobachtung ständig ändernden Tastverhältnissen dargestellt werden müssen. Bei interner DC-Triggerung sollte immer mit Normaltriggerung und LEVEL-Einstellung gearbeitet werden.

Bei automatischer Triggerung besteht

die Möglichkeit, daß sich der Trigger-einsatzpunkt verändert oder daß bei Signalen ohne Nulldurchgang (z. B. mit DC-Offset) die Triggerung ganz aussetzt.

HF: Die HF-Triggerkopplung entspricht einem Hochpaß in der Triggersignalverarbeitung.

Die untere Grenzfrequenz liegt je nach Gerät bei ca. 1,5 kHz. Nach oben hin ist keine Begrenzung vorhanden, d. h., hier steht die maximale Triggerbandbreite des Oszilloskops zur Verfügung.

Die Triggerbandbreite entspricht keineswegs der Meßbandbreite eines Oszilloskops. Oft können Oszilloskope noch Signale triggern, deren Frequenz weit über der Meß-Grenzfrequenz des Gerätes liegen.

Die HF-Stellung ist für alle hochfrequenten Signale günstig. Gleichspannungsschwankungen und tieffrequentes (Funkel)-Rauschen der Triggerspannung werden unterdrückt, was sich günstig auf die Bildstabilität auswirkt. Unterhalb ca. 1,5 kHz steigt die Triggerschwelle an.

LF: Die LF-Triggerkopplung entspricht einem Tiefpaß in der Triggersignalverarbeitung. Die Grenzfrequenz ist wiederum herstellerabhängig und liegt üblicherweise bei 50 kHz. Die LF-Stellung ist häufig für niederfrequente Signale besser geeignet als die DC-Stellung, weil Rauschgrößen innerhalb der Triggerspannung stark unterdrückt werden. Das vermeidet oder verringert im Grenzfall Jittern oder Doppelschreiben, insbesondere bei sehr kleinen Eingangsspannungen. Oberhalb 50 kHz steigt die Triggerschwelle an.

Bei hoher Y-Empfindlichkeit oder gar eingeschaltetem Y-Mag. sollte möglichst in Stellung LF gearbeitet werden, sofern die Meßfrequenz <50 kHz ist.

8.3.5 Alternierende Triggerung

Bei Analog-Oszilloskopen besteht vielfach die Möglichkeit, im Zweikanalbetrieb beide Signale, auch wenn sie asynchron zueinander sind, zu triggern.

8.3.6 Besondere Triggerfunktionen

Je nach Preis und Ausstattung verfügen moderne Oszilloskope heute über eine Reihe von besonderen Triggermöglichkeiten, von denen wir nachfolgend die wichtigsten vorstellen wollen.

8.3.6.1 Netztriggerung

Bei Triggerung mit Netzfrequenz (Line)

wird unabhängig davon, ob ein Signal anliegt oder nicht, der Triggerimpuls aus dem Netz (230 V/50 Hz), mit dem das Oszilloskop betrieben wird, gewonnen. Diese Triggerart empfiehlt sich für alle Signale, die netzsynchron sind. Dies gilt ebenfalls - in gewissen Grenzen - für ganzzahlige Vielfache oder Teile der Netzfrequenz.

Die Netztriggerung erlaubt eine Signal-darstellung auch unterhalb der Triggerschwelle. Sie ist deshalb u. a. besonders geeignet zur Messung kleiner Brummspannungen von Netzgleichrichtern oder netzfrequenten Einstreuungen in eine Schaltung.

Bei Netztriggerung ist es möglich, daß anscheinend die entgegengesetzte Triggerflankenrichtung als an der Triggerflanken-Taste eingestellt abgebildet wird. Dann ist einfach der Netzstecker des Oszilloskops umzupolen.

Netzfrequente magnetische Einstreuungen in eine Schaltung können mit einer Spulensonde nach Richtung (Ort) und Amplitude mit dieser Triggerfunktion untersucht werden.

8.3.6.2 Videosignal-Triggerung

Viele moderne Oszilloskope verfügen heute über einen sogenannten TV-Sync-Separator. Mit Hilfe dieser Einrichtung wird das Triggern von Videosignalen (BAS- oder FBAS-Signalen), d. h. das Triggern auf die einzelnen Bestandteile wie erstem und zweitem Halbbild und Zeile, sehr vereinfacht bzw. überhaupt erst möglich.

Die Schaltung, die dieses ermöglicht, ist aktiv aufgebaut und generiert aus dem anliegenden Videosignal den Zeilensynchron- und den Bildsynchronimpuls. Einige Systeme verfügen zusätzlich noch über eine sogenannte Halbbildererkennung, womit dann diese Oszilloskope in der Lage sind, definiert auf das erste oder das zweite Halbbild zu triggern.

Durch die aktive Abtrennung der Synchronimpulse vom Videosignal können in der Regel auch noch verrauschte, gestörte oder in der Amplitude schwankende Videosignale dargestellt werden.

8.3.7 Externe Triggerung

Bei externer Triggerung muß neben dem eigentlichen Meßsignal ein weiteres Signal zur Triggerung (Auslösen der Zeitablenkung) dem Oszilloskop zugeführt werden. In der Regel steht hierfür eine separate Eingangsbuchse zur Verfügung.

Das zum Triggern herangezogene Signal darf durchaus eine völlig andere Kurvenform als das Meßsignal haben, in gewissen Grenzen darf die Frequenz sogar einem ganzzahligen Vielfachen oder Teilen der Meßfrequenz entsprechen. Um einwandfrei „stehende“ Signaldarstellungen

zu erhalten, muß jedoch eine phasenstarke Kopplung beider Signale vorliegen.

Eine optimale Triggerung ist in der Regel nur dann möglich, wenn ein gewisser Mindestpegel, aber auch der zulässige Maximalpegel für das externe Triggersignal eingehalten wird.

Sehen Sie hier in den technischen Daten Ihres Oszilloskops nach, welche Signalpegel für eine externe Triggerung herangezogen werden dürfen.

8.3.8 Hold-Off-Zeiteinstellung

Die Grundfunktion des Trigger-Hold-off wurde bereits in Kapitel 7.4.5 erörtert (siehe hierzu auch Bild 36).

Wenn bei äußerst komplizierten Signalgemischen, auch nach mehrmaligem gefühlvollem Durchdrehen des LEVEL-Knopfes bei Normaltriggerung kein stabiler Triggerpunkt gefunden wird, kann in vielen Fällen der Bildstand durch Betätigung des HOLD-OFF-Knopfes erreicht werden.

Mit dieser Einrichtung, die heute bei fast allen Oszilloskopen vorhanden ist, kann die Sperrzeit der Triggerung zwischen zwei Zeit-Ablenkungen kontinuierlich verändert werden. Impulse oder andere Signalformen, die innerhalb dieser Sperrzeit auftreten, können nun die Triggerung nicht mehr beeinflussen. Besonders bei Burst-Signalen oder aperiodischen Impulsfolgen gleicher Amplitude kann der Beginn der Triggerphase dann auf den jeweils günstigsten oder erforderlichen Zeitpunkt eingestellt werden.

Ein stark verrauschtes oder ein durch eine höhere Frequenz gestörtes Signal wird manchmal doppelt dargestellt. Unter Umständen läßt sich mit der LEVEL-Einstellung nur die gegenseitige Phasenverschiebung beeinflussen, aber nicht die Doppel-darstellung. Die zur Auswertung erforderliche stabile Einzeldarstellung des Signals ist aber durch die Vergrößerung der HOLD-OFF-Zeit leicht zu erreichen. Eine Doppeldarstellung ist bei gewissen Impulssignalen möglich, bei denen die Impulse abwechselnd eine kleine Differenz der Spitzenamplituden aufweisen. Nur eine ganz genaue LEVEL-Einstellung ermöglicht die Einzeldarstellung. Der Gebrauch des HOLD-OFF-Knopfes vereinfacht auch hier die richtige Einstellung.

Nach Beendigung der entsprechenden Messungen sollte der HOLD-OFF-Regler unbedingt wieder auf Linksanschlag zurückgedreht werden, weil sonst u. U. die Bildhelligkeit drastisch reduziert ist.

Im zehnten Teil dieser Artikelserie zeigen wir die Meßmöglichkeiten des Komponenten-Testers, der insbesondere bei Oszilloskopen für den Servicebereich weit verbreitet ist.

ELV