

Moderne Oszilloskop-Meßtechnik Teil 4

Um mit einem Oszilloskop optimal arbeiten zu können, ist u. a. die grundlegende Kenntnis der Signale sowie ihrer Eigenschaften und Meßmöglichkeiten wichtig.

5. Meßsignale

Im vorliegenden Kapitel wenden wir uns zunächst der Art der Signalspannung zu, gefolgt von der Beschreibung wichtiger Parameter.

5.1 Art der Signalspannung

Mit einem hochwertigen Oszilloskop können praktisch alle sich periodisch wiederholenden Signalarten oszilloskopiert (dargestellt) werden, deren Frequenzspektrum innerhalb der angegebenen Bandbreite liegt.

Die Darstellung einfacher elektrischer Vorgänge wie sinusförmiger HF- und NF-Signale oder netzfrequenter Brummspannungen ist üblicherweise problemlos.

Bei der Aufzeichnung rechteck- oder impulsartiger Signalspannungen ist zu beachten, daß auch deren Oberwellenanteile zu übertragen sind. Die Folgefrequenz des Signals muß deshalb wesentlich kleiner sein als die obere Grenzfrequenz des Vertikalverstärkers. Eine genauere Auswertung solcher Signale ist deshalb nur bis ca. 1/10 der Folgefrequenz möglich. Praktisch bedeutet dies, daß bei einem Oszilloskop mit einer Bandbreite von 20 MHz nur Rechteck-Signale bis rund 2MHz-Folgefrequenz darstellbar sind.

Stellen Sie sich z. B. ein 20MHz-Rechteck-Signal mit symmetrischem Tastverhältnis vor, das Sie auf ein Oszilloskop mit einer Bandbreite von ebenfalls 20 MHz geben. Als Darstellung würden Sie ein annäherndes Sinus-Signal erhalten und keinesfalls das erwartete Rechtecksignal - ein gravierender Meßfehler. Auch wäre z. B. ein Störspike auf einem 20MHz-Sinus-Signal mit einem 20MHz-Oszilloskop nicht sichtbar. Erst ein Oszilloskop mit ganz erheblich höherer Bandbreite und entsprechender Dehnung der Zeitachse ließe den Störspike sichtbar werden.

Für den wahlweisen Betrieb als Wechsel- oder Gleichspannungsverstärker bietet der Vertikalverstärker-Eingang einen DC-AC-Schalter (DC = direct current; AC = alternating current).

Mit Gleichstromkopplung (DC) sollte nur bei vorgeschaltetem Taster oder bei sehr niedrigen Frequenzen gearbeitet wer-

den bzw. wenn die Erfassung des Gleichspannungsanteils der Signalspannung unbedingt erforderlich ist.

Bei der Aufzeichnung sehr niederfrequenter Impulse können bei AC-Kopplung (Wechselspannung) des Vertikalverstärkers störende Dachschrägen auftreten (AC-Grenzfrequenz z. B. 1,6 Hz für -3 dB). In diesem Fall ist die DC-Kopplung vorzuziehen, sofern die Signalspannung nicht mit einem hohen Gleichspannungspegel überlagert ist. Andernfalls muß vor dem Eingang des auf DC-Kopplung geschalteten Meßverstärkers ein entsprechend großer Kondensator geschaltet werden, der zudem eine genügend hohe Spannungsfestigkeit besitzen muß.

DC-Kopplung ist auch für die Darstellung von Logik- und Impuls-Signalen zu empfehlen, besonders dann, wenn sich dabei das Tastverhältnis ständig ändert. Andernfalls wird sich das Bild bei jeder Änderung auf- oder abwärts bewegen. Reine Gleichspannungen sind nur mit DC-Kopplung meßbar.

Erhöhte Anforderungen an das Arbeiten mit einem Oszilloskop stellt die Abbildung von Signalgemischen, besonders dann, wenn darin keine mit der Folgefrequenz ständig wiederkehrenden höheren Pegelwerte enthalten sind, auf die getriggert werden kann. Dies ist z. B. bei Burst-Signalen der Fall. Um auch dann ein getriggertes Bild zu erhalten, ist unter Umständen eine Veränderung der HOLD-OFF- und/oder der TB-Feineinstellung erforderlich. Fernseh-Video-Signale (FBAS-Signale) sind mit Hilfe des aktiven TV-Sync-Separators (TV SEP.-Schalter) leicht triggerbar, der bei vielen guten Oszilloskopen verfügbar ist.

5.2 Größe der Signalspannung

In der allgemeinen Elektrotechnik bezieht man sich bei Wechselspannungsangaben in der Regel auf den Effektivwert. Für Signalgrößen und Spannungsbezeichnungen in der Oszilloskopie wird jedoch der V_{ss} -Wert (Volt-Spitze-Spitze) verwendet. Letzterer entspricht den wirklichen Potentialverhältnissen zwischen dem positivsten und negativsten Punkt einer Spannung.

Will man eine auf dem Oszilloskop-

schirm aufgezeichnete, sinusförmige Größe auf ihren Effektivwert umrechnen, muß der sich in V_{ss} ergebende Wert durch $2 \cdot \sqrt{2} = 2,83$ dividiert werden.

Umgekehrt ist zu beachten, daß in V_{eff} angegebene, sinusförmige Spannungen den 2,83fachen Potentialunterschied in V_{ss} haben. Die Beziehungen der verschiedenen Spannungsgrößen wurden bereits in Abbildung 18 dargestellt.

Die Größe der angelegten Meßspannung ermittelt man durch Multiplikation des eingestellten Ablenkkoeffizienten mit der abgelesenen vertikalen Bildhöhe in Zentimetern. Wird mit Taster 10 : 1 gearbeitet, ist nochmals mit 10 zu multiplizieren.

Bei der meßtechnisch und rechnerisch zu ermittelnden Höhe der Meßspannung ist unbedingt darauf zu achten, daß sich die Eingangsteilerschalter in ihren kalibrierten Stellungen befinden, da manche Oszilloskope für eine qualitative Darstellung von Signalen zusätzlich eine Verstärkungs-Feineinstellung besitzen, bei der dann aber nicht mehr die exakte Signalgröße zu bestimmen ist.

Mit den Bezeichnungen:

H = Höhe in Zentimetern des Schirmbildes,

U = Spannung in V_{ss} des Signals am Y-Eingang,

A = Ablenkkoeffizient in V/cm am Teilerschalter

läßt sich aus 2 gegebenen Werten die dritte Größe nach folgenden Formeln errechnen:

$$U = A \cdot H \quad H = \frac{U}{A} \quad A = \frac{U}{H}$$

Alle 3 Werte sind jedoch nicht frei wählbar. Sie müssen abhängig vom verwendeten Oszilloskop innerhalb vorgegebener Grenzen liegen.

Ist das Meßsignal mit einer Gleichspannung überlagert, darf der Gesamtwert (Gleichspannung + einfacher Spitzenwert der Wechselspannung) des Signals am Y-Eingang den zulässigen Grenzwert nicht überschreiten.

Darüber hinaus sind auch die Grenzwerte für die verwendeten Taster zu beachten. Mit Spezialtastköpfen können zum Teil auch noch höhere Spannungen gemessen werden. Allerdings verringert sich dieser Wert bei höheren Frequenzen. Mit einem normalen Taster 10 : 1 riskiert man bei zu hohen Spannungen, daß der den Teiler-Längswiderstand überbrückende C-Trimmer durchschlägt, wodurch der Y-Eingang des Oszilloskops beschädigt werden kann.

Soll jedoch z. B. nur die Restwelligkeit einer hohen Spannung oszilloskopiert werden, genügt auch der 10 : 1-Taster, dem dann zusätzlich ein entsprechend hochspannungsfester Kondensator von 22 nF bis 68 nF vorzuschalten ist.

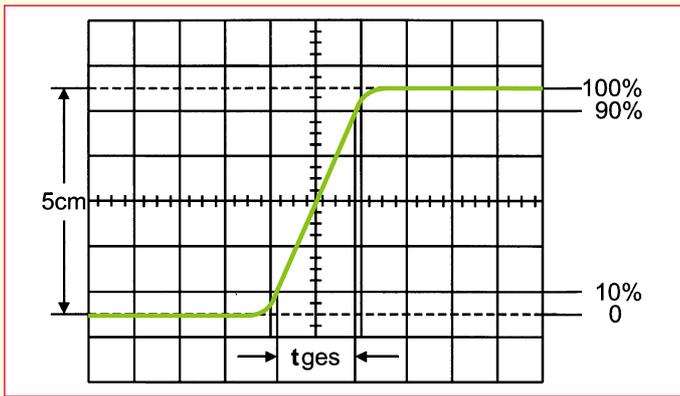


Bild 22: Optimale vertikale Bildlage und Meßbereich für die Anstiegszeit

Die optimale vertikale Bildlage und der Meßbereich für die Anstiegszeit sind in Abbildung 22 dargestellt.

Bei einem am TIME/DIV.-Schalter eingestellten Zeitkoeffizienten von $0,2 \mu\text{s}/\text{cm}$ und zusätzlicher 10facher Dehnung ergebe das Bildbeispiel eine gemessene Gesamtanstiegszeit von:

$$T_{\text{ges}} = 1,6 \text{ cm} \cdot 0,2 \mu\text{s}/\text{cm} : 10 = 32 \text{ ns}$$

Bei sehr kurzen Zeiten ist die Anstiegszeit des Oszilloskop-Vertikalverstärkers und des eventuell benutzten Tastteilers geometrisch vom gemessenen Zeitwert abzuziehen. Die Anstiegszeit des Signals beträgt dann:

$$t_a = \sqrt{t_{\text{ges}}^2 - t_{\text{osz}}^2 - t_t^2}$$

Dabei ist t_{ges} die gemessene Gesamtanstiegszeit, t_{osz} die vom Oszilloskop bei einem 20MHz-Oszilloskop (z. B. 17,5 ns) und die t_t die des Tastteilers (z. B. 2 ns). Ist auf unser Beispiel bezogen t_{ges} größer als 100 ns, kann die Anstiegszeit des Vertikalverstärkers vernachlässigt werden, da der Fehler bei einem 20MHz-Oszilloskop dann üblicherweise unter 1 % liegt.

Auf unser in Abbildung 22 dargestelltes Beispiel bezogen, ergibt sich damit eine Signal-Anstiegszeit von:

$$t_a = \sqrt{32^2 - 17,5^2 - 2^2} = 26,72 \text{ ns}$$

Die Messung der Anstiegs- und Abfallzeit ist natürlich nicht auf die in Abbildung 22 gezeigte Bild-Einstellung begrenzt. Auf diese Weise ist die Messung nur besonders einfach möglich. Prinzipiell kann jedoch in jeder Bildlage und bei beliebiger Signalamplitude gemessen werden. Wichtig ist dabei, daß die interessierende Signalflanke in voller Länge bei nicht zu großer Steilheit sichtbar ist und daß der Horizontalabstand bei 10 % und bei 90 % der Amplitude gemessen wird.

Zeigt die Flanke Vor- oder Überschwingen, darf man die 100 % nicht auf die Spitzenwerte beziehen, sondern auf die mittleren Dachhöhen. Ebenso werden Einbrüche oder Spitzen (Glitches) neben der Flanke nicht berücksichtigt.

Bei sehr starken Einschwingverzerrungen verliert die Anstiegs- oder Abfallzeitmessung allerdings ihren Sinn. Für Verstärker mit annähernd konstanter Gruppenlaufzeit (also gutem Impulsverhalten) gilt folgende Zahlenwert-Gleichung zwischen Anstiegszeit t_a (in ns) und Bandbreite B (in MHz):

$$t_a = \frac{350}{B} \quad B = \frac{350}{t_a}$$

Im folgenden Kapitel kommen wir zum Einrichten und zur Inbetriebnahme eines Oszilloskops. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Erdung des Oszilloskops, die Standard-Einstellungen der Bedienelemente und die Kompensation der Tastköpfe gerichtet.

ELV

In diesem Zusammenhang wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Oszilloskop-Eingangskopplung dann unbedingt auf DC zu schalten ist, wenn Tastteiler an höhere Spannungen als 400 V gelegt werden. Die Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

Mit der GD-Eingangskopplung und dem Y-POS.-Einsteller kann vor der Messung eine horizontale Rasterlinie als Referenzlinie für das Massepotential eingestellt werden. Diese ist beliebig zur horizontalen Mittellinie einstellbar, je nachdem ob positive und/oder negative Abweichungen vom Massepotential zahlenmäßig zu erfassen sind. Einige umschaltbare Tastteiler 10 : 1 / 1 : 1 besitzen ebenfalls eine eingebaute Referenz-Schalterstellung.

5.3 Zeitwerte der Signalspannung

In der Regel handelt es sich in der Oszilloskopie um zeitlich wiederkehrende Spannungsverläufe, im Folgenden Perioden genannt. Die Zahl der Perioden pro Sekunde ist die Folgefrequenz. Abhängig von der Zeitbasis-Einstellung des TIME/DIV.-Schalters können eine oder mehrere Signalperioden oder auch nur ein Teil einer Periode dargestellt werden. Die Zeitkoeffizienten sind üblicherweise am TIME/DIV.-Schalter in ms/cm und $\mu\text{s}/\text{cm}$ angegeben. Die Skala ist dementsprechend in 2 Felder aufgeteilt.

Die Dauer einer Signalperiode bzw. eines Teils davon ermittelt man durch Multiplikation des betreffenden Zeitabschnitts (Horizontalabstand in cm) mit dem am TIME/DIV.-Schalter eingestellten Zeitkoeffizienten. Sofern das Oszilloskop einen Zeit-Feineinsteller besitzt, muß sich dieser in der Kalibrierposition befinden.

Mit den Bezeichnungen:
 L = Länge in cm einer Periode (Welle) auf dem Bildschirm,
 T = Zeit in s für eine Periode,
 F = Folgefrequenz in Hz,
 Z = Zeitkoeffizient in s/cm am Zeitbasis-schalter

und der Beziehung $F = 1/T$ lassen sich folgende Gleichungen aufstellen:

$$T = L \cdot Z \quad L = \frac{T}{Z} \quad Z = \frac{T}{L}$$

$$F = \frac{1}{L \cdot Z} \quad L = \frac{1}{F \cdot Z} \quad Z = \frac{1}{L \cdot F}$$

Besitzt Ihr Oszilloskop eine Taste zur Dehnung der Zeitachse (z. B. $\times 10$), so ist Z durch diesen Faktor zu teilen.

Alle 4 Werte sind jedoch nicht frei wählbar und sollten in vom Oszilloskop vorgegebenen Grenzen liegen.

Nachfolgend ein Beispiel:

Gegeben sei die Länge eines Wellenzuges (einer Periode):
 $L = 7 \text{ cm}$

Der eingestellte Zeitkoeffizient beträgt:
 $Z = 0,2 \mu\text{s}/\text{cm}$

Die gesuchte Periodenzeit ergibt sich wie folgt: $T = 7 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} = 1,4 \mu\text{s}$.

Die gesuchte Folgefrequenz beträgt:

$$F = \frac{1}{1,4 \cdot 10^{-6}} = 714 \text{ kHz}$$

Ist der zu messende Zeitabschnitt im Verhältnis zur vollen Signalperiode relativ klein, sollte man mit gedehntem Zeitmaßstab arbeiten, sofern das Oszilloskop diese Möglichkeit bietet. Die ermittelten Zeitwerte sind dann durch den Dehnungsfaktor zu dividieren. Durch Drehen des X-POS.-Reglers kann der interessierende Zeitabschnitt in die Mitte des Bildschirms geschoben werden.

5.4 Messung der Anstiegszeit

Das Systemverhalten einer Impulsspannung wird durch deren Anstiegszeit bestimmt. Impuls-Anstiegs-/Abfallzeiten werden zwischen dem 10%- und dem 90%-Wert ihrer vollen Amplitude gemessen.

Zur Messung der Anstiegszeit wird die Flanke des betreffenden Impulses mit Y-Teilerschalter und dessen Feineinstellung exakt auf 6 cm Schreibhöhe eingestellt. Mit Hilfe des X- und Y-POS.-Einstellers wird die Flanke nun symmetrisch zur X- und Y-Mittellinie positioniert, wie dies aus Abbildung 22 ersichtlich ist.

Die Schnittpunkte der Signalflanke mit den 10%- bzw. den 90%-Linien sind nun jeweils auf die horizontale Mittellinie zu loten, und deren zeitlicher Abstand ist auszuwerten ($T = L \cdot Z$).