

ELV-UNISCOPE

10 MHz-Oszilloskop
von ELV-HAMEG



Teil 6: Einführung in die Oszilloskopie

Nachfolgend soll eine kurze Einführung in die Oszilloskopie gegeben werden. Wir beziehen uns hierbei speziell auf das ELV-UNISCOPE, wobei die gemachten Angaben und Erläuterungen sinngemäß auch auf die meisten anderen gebräuchlichen Oszilloskope übertragen werden können.

Große Bandbreite, hohe Empfindlichkeit, große Auflösung sowie ein eingebauter Komponententester zeichnen jedoch das ELV-UNISCOPE besonders aus.

Inbetriebnahme und Voreinstellungen

Vor der ersten Inbetriebnahme muß der Netzspannungswähler kontrolliert werden!

Bei Lieferung ist das Fertig-Gerät auf 220 V Netzspannung eingestellt. Die Umschaltung auf eine andere Spannung erfolgt am Netzsicherungshalter (kombiniert mit Kaltgerätestecker) an der Gehäuserückseite. Der Sicherungshalter mit seiner quadratischen Abdeckplatte kann mittels Werkzeug (z. B. kleiner Schraubenzieher) nach Entfernung der Netzschnurbuchse herausgezogen und nach Drehung um jeweils 90° für jede der 4 einstellbaren Netzspannungen wieder hineingesteckt werden. Dann muß das auf dem Rückdeckel des Gerätes befindliche schwarze Dreieck unter dem Sicherungshalter auf die gewählte Netzspannung zeigen. Diese ist also immer an der **unteren** Kante des Sicherungshalters ablesbar. Die Netzsicherung muß der geänderten Netzspannung entsprechen und, wenn erforderlich, ausgetauscht werden. Typ und Nennstrom der Sicherung sind auf der Gehäuserückseite und in der Service-Anleitung angegeben.

Es wird empfohlen, bei Beginn der Arbeiten keine der Tasten einzudrücken und beide

Bedienungsknöpfe mit Pfeilen in ihre calibrierte Stellung C einzurasten. Die auf vier Knopfkapfen angebrachten Striche sollen etwa senkrecht nach oben zeigen (Mitte des Einstellbereiches). Besonders zu beachten ist, daß auch die kleine braune Taste für die Triggerart-Umschaltung **AT/Norm.** ungedrückt sein soll.

Mit der roten Netztaaste **POWER** wird das Gerät in Betrieb gesetzt. Das aufleuchtende Lämpchen zeigt den Betriebszustand an. Wird nach 30 Sekunden Anheizzeit kein Strahl sichtbar, ist möglicherweise der **INTENS.**-Einsteller nicht genügend aufgedreht oder der Zeitbasis-Generator wird nicht ausgelöst. Außerdem können auch die **POS.**-Einsteller verstellt sein. Es ist dann nochmals zu kontrollieren, ob entsprechend den Hinweisen alle Knöpfe und Tasten in den richtigen Positionen stehen. Dabei ist besonders auf die **AT/Norm.**-Taste zu achten. Ohne angelegte Meßspannung wird die Zeitlinie nur dann sichtbar, wenn sich diese Taste ungedrückt in der **AT**-Stellung (automatische Triggerung) befindet. Erscheint nur ein Punkt (Vorsicht, Einbrennengefahr!), ist wahrscheinlich die Taste **Hor. ext.** gedrückt. Sie ist dann auszulösen. Ist die Zeitlinie sichtbar, wird am **INTENS.**-Knopf eine mittlere Helligkeit und am Knopf **FOCUS** die maximale Schärfe einge-

stellt. Dabei sollte die Taste **GD** (ground = Masse) gedrückt sein. Der Eingang des Vertikalverstärkers ist dann kurzgeschlossen. Damit ist sichergestellt, daß keine Störspannungen von außen die Fokussierung beeinflussen können. Eventuell am **Y**-Eingang anliegende Signalspannungen werden bei gedrückter Taste **GD** nicht kurzgeschlossen.

Zur Schonung der Strahlröhre sollte immer nur mit jener Helligkeit gearbeitet werden, die Meßaufgabe und Umgebungsbeleuchtung gerade erfordern. Besondere Vorsicht ist bei stehendem punktförmigen Strahl geboten. Zu hell eingestellt, kann dieser die Leuchtschicht der Röhre beschädigen. Ferner schadet es der Kathode der Strahlröhre, wenn das Oszilloskop oft kurz hintereinander aus- und eingeschaltet wird.

Trotz Mumetall-Abschirmung der Bildröhre lassen sich erdmagnetische Einwirkungen auf die horizontale Strahlage nicht ganz vermeiden. Das ist abhängig von der Aufstellrichtung des Oszilloskops am Arbeitsplatz. Dann verläuft die horizontale Strahllinie in Schirmmitte nicht exakt parallel zu den Rasterlinien. Die Korrektur weniger Winkelgrade ist an einem Potentiometer hinter der mit **TR** bezeichneten Öffnung in der Frontplatte mit einem kleinen Schraubenzieher möglich.

Korrektur der DC-Balance

Nach einer gewissen Benutzungszeit ist es möglich, daß sich die thermischen Eigenschaften des Doppel-FET's im Eingang des Vertikalverstärkers etwas verändert haben. Oft verschiebt sich dabei auch die DC-Balance des Verstärkers. Dies erkennt man daran, daß sich beim Durchdrehen des Feinstellers (kleiner Knopf mit roter Pfeilkappe) am Eingangsteiler **Y-AMPL.** die Strahlage merklich ändert. Wenn das Fertig-Gerät die normale Betriebstemperatur besitzt bzw. mind. 20 Minuten in Betrieb gewesen ist, sind Änderungen unter 1 mm nicht korrekturbedürftig. Größere Abweichungen werden mit Hilfe eines kleinen Schraubenziehers, welchen man in die Öffnung **BAL.** oberhalb des **Y-AMPL.**-Schalters einführt, an der etwa 25 mm dahinterliegenden Balance-Einstellung korrigiert. Während der Korrektur (Ablenkkoeffizient **5mV/cm**; Taste **GD** gedrückt) wird der Feinsteller ständig hin und her gedreht. Sobald sich dabei die vertikale Strahlage nicht mehr ändert, ist die DC-Balance richtig eingestellt.

Art der Signalspannung

Mit dem UNISCOPE können praktisch alle sich periodisch wiederholende Signalarten oszilloskopiert werden, deren Frequenzspektrum unterhalb 10 MHz liegt. Die Darstellung einfacher elektrischer Vorgänge, wie sinusförmige HF- und NF-Signale oder netzfrequente Brummspannungen, ist in jeder Hinsicht problemlos. Bei der Aufzeichnung rechteck- oder impulsartiger Signalspannungen ist zu beachten, daß auch deren Oberwellenanteile übertragen werden müssen. Die Folgefrequenz des Signals muß deshalb wesentlich kleiner sein als die obere Grenzfrequenz des Vertikalverstärkers. Eine genauere Auswertung solcher Signale mit dem UNISCOPE ist deshalb nur bis ca. 1 MHz Folgefrequenz möglich. Schwieriger ist das Oszilloskopieren von Signalgemischen, besonders dann, wenn darin keine mit der Folgefrequenz ständig wiederkehrende höheren Pegelwerte enthalten sind, auf die getriggert werden kann. Dies ist z. B. bei Burst-Signalen der Fall. Um auch dann ein gut getriggertes Bild zu erhalten, ist u. U. die Zuhilfenahme des Zeitfeinstellers erforderlich. Fernseh-Video-Signale sind relativ leicht triggerbar. Allerdings muß bei Aufzeichnungen mit Bildfrequenz die Taste **TV** (= television) gedrückt sein. Dann werden die schnelleren Zeilenimpulse durch ein Tiefpaß-Filter so weit abgeschwächt, daß bei entsprechender Pegel-einstellung leicht auf die vordere oder hintere Flanke des Bildimpulses getriggert werden kann.

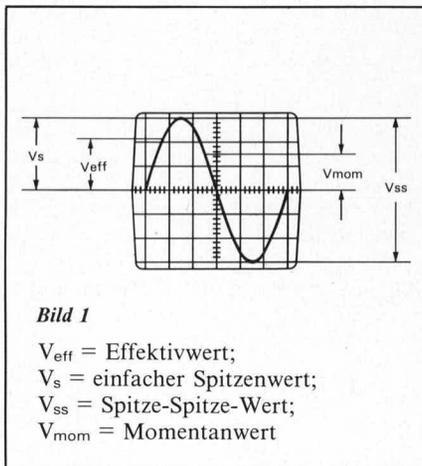
Für wahlweisen Betrieb als Wechsel- oder Gleichspannungsverstärker hat der Vertikalverstärker-Eingang eine **AC/DC**-Taste (**AC** = alternating current; **DC** = direct current). Mit Gleichspannungskopplung **DC** (gedrückte Taste) sollte nur bei vorgeschaltetem Tastteiler oder bei sehr niedrigen Frequenzen gearbeitet werden, oder wenn die Erfassung des Gleichspannungsanteils der Signalspannung unbedingt erforderlich ist. Bei der Aufzeichnung sehr niederfrequenter Impulse können bei **AC**-Kopplung des Vertikalverstärkers störende Dachschrägen

auftreten. In diesem Fall ist, wenn die Signalspannung nicht mit einem hohen Gleichspannungspegel überlagert ist, die **DC**-Kopplung vorzuziehen. Andernfalls muß vor den Eingang des auf **DC**-Kopplung geschalteten Meßverstärkers ein entsprechend großer Kondensator geschaltet werden. Dieser muß, vor allem bei Messungen an Hochspannungen, eine genügend große Spannungsfestigkeit besitzen. **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 abwärtsbewegen. Reine Gleichspannungen können nur mit **DC**-Kopplung gemessen werden.

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 Oszilloskopischirm aufgezeichnete sinusförmige Größe auf ihren Effektivwert umrechnen, muß der sich in V_{ss} ergebende Wert durch $2 \times \sqrt{2} = 2,83$ 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 untereinander sind aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.



Die minimal erforderliche Signalspannung am Y-Eingang für ein 1 cm hohes Bild beträgt ca. $2 \text{ m } V_{ss}$, wenn der Feinsteller am Eingangsteilerschalter **Y-AMPL.** bis zum Anschlag nach rechts gedreht ist. Es können jedoch auch noch kleinere Signale aufgezeichnet werden. Die Ablenkkoeffizienten am Eingangsteiler sind in $\text{m}V_{ss}/\text{cm}$ oder V_{ss}/cm angegeben. Die Größe der angelegten Spannung ermittelt man durch Multiplikation des eingestellten Ablenkkoeffizienten mit der abgelesenen vertikalen Bildhöhe in cm. Wird mit Tastteiler 10:1 gearbeitet, ist nochmals mit 10 zu multiplizieren. Für Amplitudenmessungen muß der Feinregler am Eingangsteilerschalter in seiner kalibrierten Stellung **C** stehen (Pfeil waagrecht nach links zeigend). Bei direktem An-

schluß an den Y-Eingang kann man Signale bis $120 V_{ss}$ aufzeichnen.

Mit den Bezeichnungen

H = Höhe in cm des Schirmbildes,

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

A = Ablenkkoeffizient in V/cm am Teiler
 schalter läßt sich aus gegebenen zwei Werten die dritte Größe errechnen:

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

Alle drei Werte sind jedoch nicht frei wählbar. Sie müssen beim UNISCOPE innerhalb folgender Grenzen liegen:

H zwischen 0,3 und 6 cm, möglichst 2,5 und 6 cm,

U zwischen $1,5 \text{ m}V_{ss}$ und $120 V_{ss}$,

A zwischen $5 \text{ mV}/\text{cm}$ und $20 \text{ V}/\text{cm}$ in 1-2-5 Teilung.

Beispiele:

Eingestellter Ablenkkoeffizient

$A = 50 \text{ mV}/\text{cm} \cong 0,05 \text{ V}/\text{cm}$,

abgelesene Bildhöhe $H = 2,3 \text{ cm}$,

gesuchte Spannung $U = 0,05 \cdot 2,3 = 0,115 V_{ss}$

Eingangsspannung $U = 5 V_{ss}$,

eingestellter Ablenkkoeffizient $A = 1 \text{ V}/\text{cm}$,

gesuchte Bildhöhe $H = 5:1 = 5 \text{ cm}$

Signalspannung $U = 220 V_{eff} \cdot 2 \cdot \sqrt{2} = 622 V_{ss}$

(Spannung $> 120 V_{ss}$,

mit Tastteiler 10:1 $U = 62,2 V_{ss}$),

gewünschte Bildhöhe

$H = \text{mind. } 2,5 \text{ cm, max. } 6 \text{ cm}$,

maximaler Ablenkkoeffizient

$A = 62,2:2,5 = 24,9 \text{ V}/\text{cm}$,

minimaler Ablenkkoeffizient

$A = 62,2:6 = 10,4 \text{ V}/\text{cm}$,

einzustellender Ablenkkoeffizient

$A = 20 \text{ V}/\text{cm}$

Ist das Meßsignal mit einer Gleichspannung überlagert, darf der Gesamtwert (Gleichspannung + einfacher Spitzenwert der Wechselspannung) des Signals am Y-Eingang $\pm 500 \text{ V}$ nicht überschreiten. Der gleiche Grenzwert gilt auch für normale Tastteiler 10:1, durch deren Teilung jedoch Signalspannungen bis ca. $1000 V_{ss}$ auswertbar sind. Mit Spezialtastteiler 100:1 (z. B. HZ 37) können Spannungen bis ca. $3000 V_{ss}$ gemessen werden. Allerdings verringert sich dieser Wert bei höheren Frequenzen (siehe technische Daten HZ 37). Mit einem normalen Tastteiler 10:1 riskiert man bei so 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 Hochspannung oszilloskopiert werden, genügt auch der 10:1-Tastteiler. Diesem ist dann noch ein entsprechend hochspannungsfester Kondensator (etwa 22—68 nF) vorzuschalten.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Oszilloskop-Eingangskopplung unbedingt auf **DC** zu schalten ist, wenn Tastteiler an höhere Spannungen als 500 V gelegt werden (siehe „Anlegen der Signalspannung“).

Mit der gedrückten Taste **GD** und dem **Y-POS.**-Einsteller kann vor der Messung eine

horizontale Rasterlinie als Referenzlinie für Massepotential eingestellt werden. Sie kann unterhalb, auf oder oberhalb der horizontalen Mittellinie liegen, je nachdem, ob positive und/oder negative Abweichungen vom Massepotential zahlenmäßig erfaßt werden sollen. Gewisse umschaltbare Tastteile haben ebenfalls eine eingebaute Referenz-Schalterstellung.

Zeitwerte der Signalspannung

In der Regel sind alle aufzuzeichnenden Signale sich periodisch wiederholende Vorgänge, auch Perioden genannt. Die Zahl der Perioden pro Sekunde ist die Folgefrequenz. Abhängig von der Zeitbasis-Einstellung des TIMEBASE-Schalters können eine oder mehrere Signalperioden oder auch nur ein Teil einer Periode dargestellt werden. Die Zeitkoeffizienten (Time/cm) sind am TIMEBASE-Schalter in ms/cm und μ s/cm angegeben. Die Skala ist dementsprechend in zwei Felder aufgeteilt. Die Dauer einer Signalperiode bzw. eines Teils davon ermittelt man durch Multiplikation des betreffenden Zeitabschnitts (Horizontalabstand in cm) mit dem am TIMEBASE-Schalter eingestellten Zeitkoeffizienten. Dabei muß der mit einer blauen Pfeil-Knopfkappe gekennzeichnete Zeit-Feinsteller in seiner calibrierten Stellung C stehen (Pfeil waagrecht nach links zeigend).

Mit den Bezeichnungen

L = Länge in cm einer Welle auf dem Schirmbild,

T = Zeit in s für eine Periode,

F = Frequenz in Hz der Folgefrequenz des Signals,

Z = Zeitkoeffizient in s/cm am Zeitbasis-schalter und der Beziehung $F = 1/T$ lassen sich folgende Gleichungen aufstellen:

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

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

Alle vier Werte sind jedoch nicht frei wählbar. Sie sollten beim UNISCOPE innerhalb folgender Grenzen liegen:

L zwischen 0,2 und 7 cm, möglichst 1 bis 7 cm,

T zwischen 0,1 μ s und 0,5 s,

F zwischen 2 Hz und 10 MHz,

Z zwischen 0,5 μ s/cm und 0,2 s/cm in 1-2-5 Teilung.

Beispiele:

Länge eines Wellenzugs **L** = 7 cm, eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 0,5 μ s/cm, gesuchte Periodenzeit **T** = $7 \cdot 0,5 \cdot 10^6 = 3,5 \mu$ s, gesuchte Folgefrequenz **F** = $1:(3,5 \cdot 10^6) = 286$ kHz.

Zeit einer Signalperiode **T** = 0,5 s, eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 0,2 s/cm, gesuchte Wellenlänge **L** = $0,5:0,2 = 2,5$ cm.

Länge eines Brummspannung-Wellenzugs **L** = 1 cm, eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 10 ms/cm, gesuchte Brummfrequenz **F** = $1:(1 \cdot 10 \cdot 10^3) = 100$ Hz.

TV-Zeilensfrequenz **F** = 15625 Hz, eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 10 μ s/cm, gesuchte Wellenlänge **L** = $1:(15625 \cdot 10^5) = 6,4$ cm.

Länge einer Sinuswelle **L** = min. 2,8 cm, max. 7 cm,

Frequenz **F** = 1 kHz,

max. Zeitkoeffizient:

$$Z = 1:(2,8 \cdot 10^3) = 0,357 \text{ ms/cm,}$$

min. Zeitkoeffizient:

$$Z = 1:(7 \cdot 10^3) = 0,143 \text{ ms/cm,}$$

einzustellender Zeitkoeffizient:

$$Z = 0,2 \text{ ms/cm,}$$

dargestellte Wellenlänge:

$$L = 1:(10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^3) = 5 \text{ cm.}$$

Bestimmend für das Impulsverhalten einer Signalspannung sind die Anstiegszeiten der in ihr enthaltenen Spannungssprünge. Damit Einschwingvorgänge, eventuelle Dachschrägen und Bandbreitengrenzen die Meßgenauigkeit weniger beeinflussen, mißt man Anstiegszeiten generell zwischen 10 % und 90 % der vertikalen Impulshöhe.

Beispiel: Die Signalamplitude wird mit Hilfe des Eingangsteilerschalters **Y-AMPL.** und seines Feinstellers (rote Pfeil-Knopfkappe) auf eine vertikale Bildhöhe von 5 cm eingestellt. Mit dem Positionseinsteller **Y-POS.** stellt man diese Bildhöhe symmetrisch zur horizontalen Raster-Mittellinie ein ($\pm 2,5$ cm Mittenabstand). Der horizontale Zeitabstand in cm zwischen den beiden Punkten, an denen die Strahllinie oben und unten die horizontalen Rasterlinien von ± 2 cm Mittenabstand kreuzt, ist dann die zu ermittelnde Anstiegszeit. Abfallzeiten werden sinngemäß genauso gemessen. Die optimale vertikale Bildlage und der Meßbereich für die Anstiegszeit sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

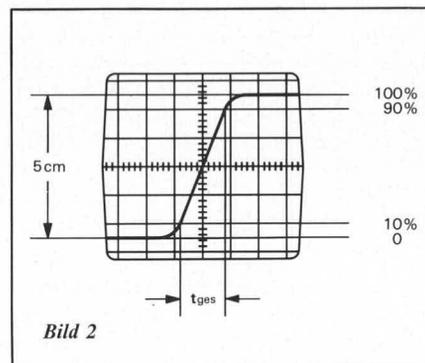


Bild 2

Bei einem am TIMEBASE-Schalter eingestellten Zeitkoeffizienten von 20 μ s/cm ergäbe das Bildbeispiel eine gemessene Gesamtanstiegszeit von

$$t_{ges} = 1,6 \text{ cm} \cdot 20 \mu\text{s/cm} = 32 \mu\text{s}$$

Selbstverständlich muß die Einstellung für die Zeitmessung nicht unbedingt genau dem Beispiel folgen. Zu beachten ist:

Alle Einstellungen im Y-Feld beeinflussen nicht die Zeitmessung. Sie kann also auch mit einer anderen Bildhöhe gemessen werden. Wichtig ist nur, daß der horizontale Zeitabstand zwischen 10 und 90 % der Impulshöhe gemessen wird und daß der Zeit-Feinsteller in Calibrationsstellung **C** steht. Aus Gründen der Genauigkeit sollte keine sehr kleine Bildhöhe und keine sehr steile Flanke (zu langsame Zeitablenkung) gewählt werden.

Bei sehr kurzen Zeiten ist die Anstiegszeit des Oszilloskop-Vertikalverstärkers geo-

metrisch vom gemessenen Zeitwert abziehen. Die Anstiegszeit des Signals ist dann

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

Dabei ist t_{ges} die gemessene Gesamtanstiegszeit und t_{osz} die vom Oszilloskop (beim UNISCOPE ca. 0,035 μ s). Ist t_{ges} größer als 0,25 μ s, dann kann die Anstiegszeit des Vertikalverstärkers vernachlässigt werden (Fehler < 1 %).

Anlegen der Signalspannung

Die Zuführung des aufzuzeichnenden Signals an den Y-Eingang des Oszilloskops ist mit einem abgeschirmten Meßkabel wie z. B. HZ 32 und HZ 34 direkt oder über einen Tastteiler 10:1 geteilt möglich. Die Verwendung der Meßkabel an hochohmigen Meßobjekten ist jedoch nur dann empfehlenswert, wenn mit relativ niederen Frequenzen (bis etwa 50 kHz) gearbeitet wird. Für höhere Frequenzen muß die Meßspannungsquelle niederohmig, d. h. an den Kabel-Wellenwiderstand (in der Regel 50 Ω) angepaßt sein. Besonders bei der Übertragung von Rechteck- und Impulssignalen ist das Kabel unmittelbar am Y-Eingang des Oszilloskops mit einem Widerstand gleich dem Kabel-Wellenwiderstand abzuschließen. Bei Benutzung eines 50 Ω -Kabels wie z. B. HZ 34 ist hierfür von HAMEG der 50 Ω -Durchgangsabschluß HZ 22 erhältlich. Vor allem bei der Übertragung von Rechtecksignalen mit kurzer Anstiegszeit können ohne Abschluß an den Flanken und Dächern störende Einschwingverzerrungen sichtbar werden. Dabei ist zu beachten, daß man diesen Abschlußwiderstand nur mit max. 2 Watt belasten darf. Diese Leistung wird mit 10 V_{eff} oder — bei Sinussignal — mit 28,3 V_{ss} erreicht. Wird ein Tastteiler 10:1 (z. B. HZ 30) verwendet, ist kein Abschluß erforderlich. In diesem Fall ist das Anschlusskabel direkt an den hochohmigen Eingang des Oszilloskops angepaßt. Mit Tastteilern werden auch hochohmige Spannungsquellen nur geringfügig belastet (ca. 10 M Ω || 12 pF). Deshalb sollte, wenn der durch den Tastteiler auftretende Spannungsverlust durch eine höhere Empfindlichkeitseinstellung wieder ausgeglichen werden kann, nie ohne diesen gearbeitet werden. Außerdem stellt die Längsimpedanz des Teilers auch einen gewissen Schutz für den Eingang des Meßverstärkers dar. Infolge der getrennten Fertigung sind alle Tastteiler nur vorabgeglichen; daher muß ein genauer Abgleich am Oszilloskop vorgenommen werden (siehe „Abgleich des Tastteilers“).

Wenn ein Tastteiler 10:1 oder 100:1 verwendet wird, muß bei Spannungen über 500 V immer DC-Eingangskopplung benutzt werden. Bei AC-Kopplung tieffrequenter Signale ist die Teilung nicht mehr frequenzunabhängig, Impulse können Dachschrägen zeigen, Gleichspannungen werden unterdrückt — belasten aber den betreffenden

Oszilloskop-Eingangskopplungskondensator. Dessen Spannungsfestigkeit ist max. 500 V (DC + Spitze AC). Ganz besonders wichtig ist deshalb die DC-Eingangskopplung bei einem Tastteiler 100:1, der meist eine zulässige Spannungsfestigkeit von max. 1500 V (DC + Spitze AC) hat. Zur Unterdrückung störender Gleichspannung darf aber ein Kondensator entsprechender

Kapazität und Spannungsfestigkeit vor den Tastteiler Eingang geschaltet werden (z. B. zur Brummspannungsmessung).

Beim 100:1 Tastteiler HZ 37 ist die zulässige Eingangswchelspannung frequenzabhängig begrenzt:

unterhalb 20 kHz (TV-Zeilenfrequenz!) auf max. $1500 V_s \triangleq 3000 V_{ss} \triangleq 1061 V_{eff}$; oberhalb 20 kHz (mit f in MHz) auf

$$\frac{212}{\sqrt{f}} V_s \triangleq \frac{424}{\sqrt{f}} V_{ss} \triangleq \frac{150}{\sqrt{f}} V_{eff}.$$

Wichtig für die Aufzeichnung kleiner Signalspannungen ist die Wahl des Massepunktes am Prüfobjekt. Er soll möglichst immer nahe dem Meßpunkt liegen. Andernfalls können evtl. vorhandene Ströme durch Masseleitungen oder Chassisteile das Meßergebnis stark verfälschen. Besonders kritisch sind auch die Massekabel von Tastteilern. Sie sollen so kurz und dick wie möglich sein.

Das Auftreten merklicher Brumm- oder Störspannungen im Meßkreis (speziell bei einem kleinen Ablenkoeffizienten) wird möglicherweise durch Mehrfach-Erdung verursacht, weil dadurch Ausgleichströme in den Abschirmungen der Meßkabel fließen können (Spannungsabfall zwischen den Schutzleiterverbindungen, verursacht von angeschlossenen fremden Netzgeräten, z. B. Signalgeneratoren).

Vorsicht beim Anlegen unbekannter Signale an den Meßeingang! Ohne vorgeschalteten Tastteiler sollte die Taste für die Signalankopplung zunächst immer ungedrückt auf AC und der Eingangsteilerschalter auf 20 V/cm stehen. Ist die Strahllinie nach dem Anlegen der Signalspannung plötzlich nicht mehr sichtbar, kann es sein, daß die Signalamplitude viel zu groß ist und den Meßverstärker total übersteuert. Der Eingangsteilerschalter muß dann nach links zurückgedreht werden, bis die vertikale Auslenkung nur noch 3–6 cm hoch ist. Bei mehr als 120 V_{ss} großer Signalamplitude ist unbedingt ein Tastteiler vorzuschalten.

Verdunkelt sich die Strahllinie beim Anlegen des Signals sehr stark, ist wahrscheinlich die Periodendauer des Meßsignals wesentlich länger als der eingestellte Wert am TIMEBASE-Schalter. Er ist dann auf einen entsprechend größeren Zeitkoeffizienten nach links zu drehen.

Ableich des Tastteilers

Für die naturgetreue Aufzeichnung der Signale muß der verwendete Tastteiler 10:1 genau auf die Eingangsimpedanz des Meßverstärkers abgestimmt werden. Das UNISCOPE besitzt hierfür einen eingebauten Rechteckgenerator mit einer Folgefrequenz von etwa 1 kHz und einer Ausgangsspannung von $0,2 V_{ss} \pm 1\%$. Zum Abgleich wird der Teilerkopf mit aufgestecktem Federhaken einfach an die mit einem Rechtecksignal bezeichnete Ausgang-Öse gelegt und sein Kompensationstrimmer entsprechend dem mittleren Bild abgeglichen (Bild 3).

Der TIMEBASE-Schalter soll sich dabei in Stellung 0,2 ms/cm befinden, und die Y-Eingangskopplung muß auf DC geschaltet sein. Steht der Eingangsteilerschalter in der 5mV/cm-Stellung (Feinsteller auf C), ist das

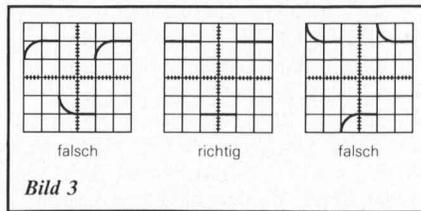


Bild 3

aufgezeichnete Signal 4 cm hoch. Da ein Tastteiler ständig mechanisch und elektrisch stark beansprucht wird, sollte man den Abgleich öfters kontrollieren.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Frequenz des eingebauten Rechteckgenerators nicht zur Zeit-Eichung verwendet werden kann. Ferner weicht das Tastverhältnis vom Wert 1:1 ab. Schließlich sei noch bemerkt, daß die Anstiegs- und Abfallzeiten des Rechtecksignals so kurz sind, daß die Rechteckflanken selbst bei maximaler Intensitätseinstellung kaum sichtbar sind. Dies ist kein Fehler, sondern ebenso Voraussetzung für einen einfachen und exakten Tastteilerabgleich (oder eine Ablenkoeffizientenkontrolle) wie horizontale Impulsdächer, calibrierte Impulshöhe und Nullpotential am negativen Impulsdach.

Triggern und Zeitablenkung

Die Aufzeichnung eines Signals ist erst dann möglich, wenn die Zeitablenkung ausgelöst, also getriggert wird. Damit sich auch ein stehendes Bild ergibt, muß die Auslösung synchron mit dem Meßsignal erfolgen. Dies ist möglich durch das Meßsignal selbst oder eine extern zugeführte, aber ebenfalls synchrone Signalspannung. Ist die Taste AT/Norm. ungedrückt in der Stellung AT (Automatische Triggern), wird die Zeitlinie immer, also auch ohne angelegte Meßspannung geschrieben. In dieser Stellung können praktisch alle unkomplizierten, sich periodisch wiederholenden Signale über 30 Hz Folgefrequenz stabil stehend aufgezeichnet werden. Die Bedienung der Zeitbasis beschränkt sich dann im wesentlichen auf die Zeiteinstellung.

Mit gedrückter AT/Norm.-Taste und LEVEL-Einstellung (Normaltriggern) kann die Triggern der Zeitablenkung an jeder Stelle einer Signalfanke erfolgen. Mit interner Normaltriggern ist der mit der LEVEL-Einstellung erfaßbare Triggernbereich stark abhängig von der Bildhöhe des dargestellten Signals. Ist sie kleiner als 1 cm, erfordert die Einstellung wegen des kleinen Fangbereiches etwas Feingefühl. Fällt die Triggern aus irgendeinem Grunde aus (z. B. falsche LEVEL-Einstellung, fehlendes oder zu kleines Signal unter 3 mm Bildhöhe), wird sofort der Bildschirm dunkelgetastet. Dies ist kein Fehler, sondern bei Normaltriggern prinzipiell bedingt. Der wieder einsetzenden Triggern folgt sofort die Helltastung des Bildschirms.

Soll die Aufzeichnung eines Signals mit einer negativen Signalfanke beginnen, muß die mit +/- bezeichnete Taste gedrückt werden. Bei einem Signal mit kurzen Impulsen kann so die Vorder- oder die Rückflanke der Impulse zum Triggern gewählt werden. Bei der Darstellung nur eines Teils des Wellenzugs einer Periode ist die richtige Wahl der positiv steigenden oder negativ fallenden Triggernflanke besonders wichtig.

Für externe Triggern wird die Taste Trig. ext. gedrückt und ein externes Signal der linken BNC-Buchse im X-Feld zugeführt. Dieses externe Triggersignal muß synchron mit dem Meßsignal sein. Es kann aber auch ein ganzzahliges Vielfaches oder einen ganzzahligen Teil der Meßsignalfrequenz haben. Seine Amplitude sollte $0,5 V_{ss}$ nicht unter- und $5 V_{ss}$ nicht überschreiten. Externe Triggern ist — abhängig von der Signalform — mit automatischer oder mit Normaltriggern (LEVEL-Einstellung) möglich. Die externe Triggernmöglichkeit ist beispielsweise nützlich bei der Brummspannungsmessung von Netzgleichrichtern. Dazu wird der Triggernbuchse eine netzfrequente Sinusspannung der angegebenen Größe zugeführt. Nun ist sofort die stabile Darstellung der am Y-Eingang angelegten Brummspannung möglich, gleichgültig ob es sich um 50 (60) oder 100 (120) Hz Brummfrequenz handelt, selbst wenn ihre Amplitude unter 3 mm Bildhöhe (interne Triggerschwelle) liegt. Ferner kann beurteilt werden, ob überlagerte Störspannungen netzfrequent oder von anderen Generatoren asynchron verursacht sind. Ein am TIMEBASE-Schalter eingestellter Zeitkoeffizient von 10 ms/cm kann zur ersten Beurteilung dienen. Selbstverständlich lassen sich noch viele andere Meßbeispiele für die sinngemäße Anwendung der externen Triggern finden.

Die Kopplungsart des Triggersignals ist intern wie extern Wechselspannungskopplung (AC). Bei externer Normaltriggern mit LEVEL-Einstellung können alle Signale mit Folgefrequenzen über 2 Hz stabil getriggert werden.

Soll das Video-Signal eines Fernsehempfängers mit Bildfrequenz oszilloskopiert werden, muß man zur Abschwächung der Zeilenimpulse die Taste TV drücken. Dies ist auch für die Triggern anderer Signale unter 800 Hz Folgefrequenz vorteilhaft, weil dann durch den eingeschalteten Tiefpaß hochfrequente Störungen und Rauschen in der Triggerspannungszuführung unterdrückt werden. Für die Darstellung eines Video-Signals mit Zeilenfrequenz muß dagegen die Taste TV ungedrückt bleiben. In beiden Fällen sollte dabei immer Normaltriggern mit LEVEL-Einstellung zur Anwendung kommen. Außerdem muß die passende Stellung der +/- Taste gewählt werden.

Wie bereits beschrieben, können einfache Signale mit ungedrückter Taste AT/Norm. automatisch getriggert werden. Die Folgefrequenz darf dabei auch schwankend sein. Wird jedoch das Tastverhältnis eines Rechtecksignals so stark verändert, daß sich der eine Teil des Rechtecks zum Nadelimpuls verformt, kann die Umschaltung auf Normaltriggern und die Bedienung des LEVEL-Reglers erforderlich werden. Bei Signalgemischen ist die Triggernmöglichkeit abhängig von gewissen periodisch wiederkehrenden Pegelwerten. Die LEVEL-Einstellung auf diese Pegelwerte erfordert etwas Feingefühl.

Wenn bei äußerst komplizierten Signalgemischen auch nach mehrmaligem gefühl-

vollen Durchdrehen des LEVEL-Reglers bei Normaltriggerung kein stabiler Triggerpunkt gefunden wird, ist in vielen Fällen der Bildstand durch Betätigung des Zeit-Feinstellers zu erreichen. Besonders bei Burst-Signalen und Impulsfolgen gleicher Amplitude kann der Start der Triggerung dann auf den jeweils günstigsten Zeitpunkt eingestellt werden. Dabei ist die richtige Wahl der +/- Tastenstellung ebenfalls wichtig.

Alle am TIMEBASE-Schalter einstellbaren Zeitkoeffizienten beziehen sich auf die linke Anschlagstellung des Zeit-Feinstellers und eine Länge der Zeitlinie von 7 cm. Bei Rechtsanschlag wird die Ablenkzeit etwa um das 2,5fache verkürzt. Dieser Wert ist jedoch nicht exakt kalibriert. Es ergibt sich dann in der obersten Stellung des TIMEBASE-Schalters eine maximale Auflösung von ca. 200 ns/cm. Die Wahl des günstigsten Zeitbereiches hängt von der Folgefrequenz der angelegten Meßspannung ab. Die Anzahl der dargestellten Kurvenbilder erhöht sich mit der Vergrößerung des Zeitkoeffizienten, also mit einer Drehung des TIMEBASE-Schalters nach links.

XY-Betrieb

Zur externen Horizontalablenkung (XY-Betrieb) ist die Taste **Hor. ext.** zu drücken. Das X-Signal muß der rechten BNC-Buchse im X-Feld zugeführt werden. Die Empfindlichkeit des X-Verstärkers ist nicht einstellbar, sie beträgt ca. $0,65 V_{ss}/cm$. Die Spannung an der Buchse darf also nicht mehr als $4,5 V_{ss}$ betragen. Größere X-Spannungen müssen durch einen vorgeschalteten Teiler auf diesen Wert herabgesetzt werden. Die Buchse hat Kondensatorkopplung (AC); es werden also nur Wechselfspannungen übertragen. Die Bandbreite des X-Verstärkers reicht von 2 Hz bis 1 MHz (-3 dB). Jedoch ist zu beachten, daß schon ab 30 kHz zwischen X und Y eine merkliche, nach höheren Frequenzen ständig zunehmende Phasendifferenz auftritt, die oberhalb ca. 100 kHz 3° übersteigt. Fallen die an der Y- und X-Eingangsbuchse angelegten Spannungen aus irgendeinem Grunde aus, wird ein Punkt auf dem Bildschirm abgebildet. Bei zu hoher Strahlhelligkeit (INTENS.-Einstellung) kann dieser Punkt im Bildschirm einbrennen, also die Strahlröhre schädigen!

Ein Anwendungsbeispiel für den XY-Betrieb ist die Darstellung von Lissajous-Figuren zum Frequenzvergleich zweier Generatoren, von denen mindestens einer eine variable Frequenzeinstellung besitzt. Sie werden mit passender Ausgangsspannung einfach an die Y-Eingangsbuchse bzw. an die **Hor. ext.**-Buchse gelegt. Durch Änderung der einstellbaren Frequenz läßt sich die Frequenzübereinstimmung auf Bruchteile von 1 Hz genau festlegen. Aber auch Harmonische und Sub-Harmonische oder die Frequenz- oder Phasen-Konstanz (z. B. in Abhängigkeit von der Temperatur oder der Betriebsspannung) der Generatoren lassen sich so kontrollieren.

Komponenten-Test

Das ELV-UNISCOPE hat einen eingebauten Komponenten-Tester, der durch Drücken der CT-Taste sofort betriebsbereit ist. Der Anschluß eines Bauteils erfolgt über

die zwei Steckbuchsen unterhalb der CT-Taste. Bei gedrückter CT-Taste sind sowohl der Y-Vorverstärker wie auch der Zeitbasisgenerator abgeschaltet. Jedoch dürfen Signalspannungen an den drei BNC-Buchsen weiter anliegen. Deren Zuleitungen müssen also nicht gelöst werden (siehe aber unten „Tests direkt in der Schaltung“). Außer den INTENS.- und FOCUS-Kontrollen haben die übrigen Oszilloskop-Einstellungen keinen Einfluß auf den Testbetrieb. Für die Verbindung des Testobjekts mit den CT-Buchsen sind zwei einfache Meßschnüre, wie sie z. B. bei Multimetern verwendet werden, erforderlich. Nach beendetem Test kann durch Auslösen der CT-Taste der Oszilloskop-Betrieb übergangslos fortgesetzt werden.

Entsprechend der Schutzklasse des UNISCOPE's und der Schutzklasse eventuell über Meßkabel angeschlossener anderer Netzgeräte ist es möglich, daß die mit Erdzeichen versehene CT-Buchse mit dem Netzschutzleiter verbunden, also geerdet ist. Im allgemeinen ist das für den Test einzelner Bauelemente ohne Belang.

Bei Tests in der Schaltung muß letztere unter allen Umständen vorher stromlos gemacht werden. Bei schutzgeerdeter Netzanschluß-Schaltung ist es dazu erforderlich, den Netzstecker der zu testenden Schaltung zu ziehen, damit auch deren Schutzerdverbindung aufgetrennt ist. Eine doppelte Schutzleiterverbindung würde zu falschen Testergebnissen führen.

Das Testprinzip ist von bestechender Einfachheit. Der Netztrafo im UNISCOPE liefert eine netzfrequente Sinusspannung, die die Reihenschaltung aus Prüfobjekt und einem eingebauten Widerstand speist. Die Sinusspannung wird zur Horizontalablenkung und der Spannungsabfall am Widerstand zur Vertikalablenkung benutzt.

Ist das Prüfobjekt eine reelle Größe (z. B. ein Widerstand), sind beide Ablenkspannungen phasengleich. Auf dem Bildschirm wird ein mehr oder weniger schräger Strich dargestellt. Ist das Prüfobjekt kurzgeschlossen, steht der Strich senkrecht. Bei Unterbrechung oder ohne Prüfobjekt zeigt sich eine waagerechte Linie. Die Schrägstellung des Striches ist ein Maß für den Widerstandswert. Damit lassen sich ohm'sche Widerstände zwischen 20 Ω und 4,7 k Ω testen.

Kondensatoren und Induktivitäten (Spulen, Drosseln, Trafowicklungen) bewirken eine Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung, also auch zwischen den Ablenkspannungen. Das ergibt ellipsenförmige Bilder. Schrägstellung und Öffnungsweite der Ellipse sind kennzeichnend für den Scheinwiderstandswert bei Netzfrequenz. Kondensatoren werden im Bereich von 0,1 μF bis 1000 μF angezeigt.

Bei Halbleitern erkennt man die spannungsabhängigen Kennlinienknice beim Übergang von der leitenden in die nichtleitende Zone. Soweit das spannungsmäßig möglich ist, werden Vorwärts- und Rückwärts-Charakteristik dargestellt (z. B. bei einer Z-Diode unter 8 V). Es handelt sich immer um eine Zweipol-Prüfung; deshalb kann z. B. die Verstärkung eines Transistors

nicht getestet werden, wohl aber die einzelnen Übergänge B-C, B-E, C-E. Da die am Testobjekt anliegende Spannung nur einige Volt beträgt, können die einzelnen Zonen fast aller Halbleiter zerstörungsfrei geprüft werden. Andererseits ist deshalb ein Test der Durchbruch- oder Sperrspannung an Halbleitern für hohe Speisespannung ausgeschlossen. Das ist im allgemeinen kein Nachteil, da im Fehlerfall in der Schaltung sowieso grobe Abweichungen auftreten, die eindeutige Hinweise auf das fehlerhafte Bauelement geben.

Recht genaue Ergebnisse erhält man beim Vergleich mit sicher funktionsfähigen Bauelementen des gleichen Typs und Wertes. Dies gilt insbesondere auch für Halbleiter. Man kann damit z. B. den kathodenseitigen Anschluß einer Diode oder Z-Diode mit unkenntlicher Bedruckung, die Unterscheidung eines p-n-p-Transistors vom komplementären n-p-n-Typ oder die richtige Gehäuseanschlußfolge B-C-E eines unbekanntem Transistortyps schnell ermitteln. Wichtiger noch ist die einfache Gut-Schlecht-Aussage über Bauteile mit Unterbrechung oder Kurzschluß, die im Servicebetrieb erfahrungsgemäß am häufigsten benötigt wird.

Die übliche Vorsicht gegenüber einzelnen MOS-Bauelementen in bezug auf statische Aufladung oder Reibungselektrizität wird dringend angeraten. — Brumm kann auf dem Bildschirm sichtbar werden, wenn der Basis- oder Gate-Anschluß eines einzelnen Transistors offen ist, also gerade nicht getestet wird (Handempfindlichkeit).

Tests direkt in der Schaltung sind in vielen Fällen möglich, aber nicht so eindeutig. Durch Parallelschaltung reeller und/oder komplexer Größen — besonders wenn diese bei Netzfrequenz relativ niederohmig sind — ergeben sich meistens große Unterschiede gegenüber Einzelbauteilen. Hat man oft mit Schaltungen gleicher Art zu arbeiten (Service), dann hilft auch hier ein Vergleich mit einer funktionsfähigen Schaltung. Dies geht sogar besonders schnell, weil die Vergleichsschaltung gar nicht unter Strom gesetzt werden muß (und darf!). Mit den Testkabeln sind einfach die identischen Meßpunkt-paare nacheinander abzutasten und die Schirmbilder zu vergleichen. Unter Umständen enthält die Testschaltung selbst schon die Vergleichsschaltung, z. B. bei Stereo-Kanälen, Gegentaktbetrieb, symmetrischen Brückenschaltungen. In Zweifelsfällen kann ein Bauteilanschluß einseitig abgelötet werden. Genau dieser Anschluß sollte dann mit der Prüfbuchse ohne Erdzeichen verbunden werden, weil sich damit die Brummeinstreuung verringert. Die Prüfbuchse mit Erdzeichen liegt an Oszilloskop-Masse und ist brumm-unempfindlich.

Beim Test in der Schaltung ist es notwendig, die an die BNC-Buchsen des UNISCOPEs angeschlossenen Meßkabel- und Tasterverbindungen zur Schaltung hin zu trennen. Sonst ist man nicht mehr wahlfrei bei der Meßpunkt-Abstastung (doppelte Masseverbindung).

Wir sind nun am Schluß der ELV-Serie UNISCOPE angelangt und wünschen Ihnen viel Erfolg beim Nachbau und späteren Einsatz Ihres UNISCOPEs.