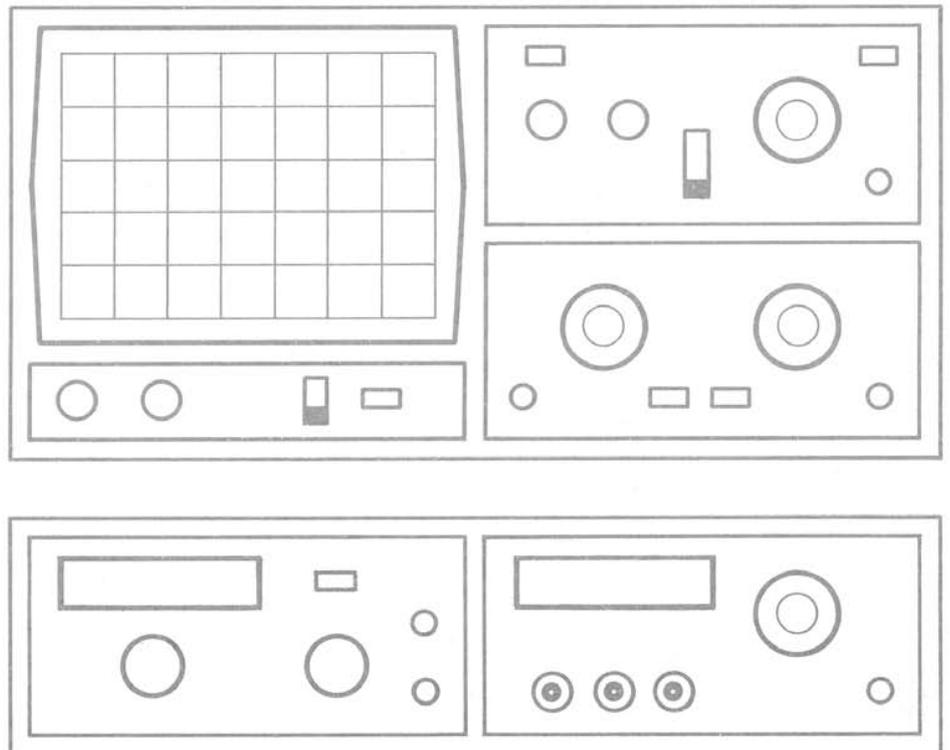


HAMEG

Instruments

MANUAL

Oszilloskop HM 1007



Oszilloskop-Datenblatt
mit technischen Einzelheiten P 1

Bedienungsanleitung

Allgemeine Hinweise M 1
 Aufstellung des Gerätes M 1
 Sicherheit M 1
 Betriebsbedingungen M 1
 Garantie M 2
 Wartung M 2
 Schutz-Abschaltung M 2
 Netzspannung M 2
 Bedien-Elemente M 3
 Art der Signalspannung M 5
 Größe der Signalspannung M 6
 Zeitwerte der Signalspannung M 7
 Inbetriebnahme und Voreinstellungen M 8
 Strahldrehung TR M 9
 Anlegen der Signalspannung M 9
 Tastkopf-Abgleich und Anwendung M10
 Abgleich 1kHz, Abgleich 1MHz M10
 Betriebsarten der Vertikalverstärker M11
 XY-Betrieb
 Phasenvergleich mit Lissajous-Figur M12
 Phasendifferenz-Messung im Zweikanalbetrieb M13
 Messung einer Amplitudenmodulation M13
 Triggerung und Zeitablenkung
 Automatische Spitzenwert-Triggerung M14
 Normaltriggerung M15
 Flankenrichtung M15
 Triggerkopplung M15
 TV-Triggerung M16
 Externe Triggerung M17
 Trigger-Anzeige M17
 Holdoff-Zeit-Einstellung M17
 Trigger-Level-Anzeige M17
 Y-Überbereichsanzeige M18
 Rasterbeleuchtung M18

Speicherbetrieb

Bedienelemente des Speicherteils
 und ihre Funktion M19
 Speicher-Auflösung und Betriebsarten M21
 Maximale Signalfrequenz im Speicherbetrieb M22
 Vertikalverstärker-Betriebsarten M22
 Schutz des Speicherinhalts M23
 HAMEG-Schnittstelle M23
 Sicherheitshinweis M25

Kurzanleitung K 1
Bedienungselemente
mit herausklappbarem Frontbild K 2

Wichtiger Hinweis!

Vor der Inbetriebnahme dieses Oszilloskops lesen Sie bitte unbedingt die Sicherheitshinweise auf den Seiten M1 und M25.

Oszilloskop
HM 1007

Testplan

Allgemeines T 1
 Strahlröhre: Helligkeit und Schärfe,
 Linearität, Rasterverzeichnung T 1
 Astigmatismuskontrolle T 1
 Symmetrie und Drift des Vertikalverstärkers .. T 1
 Kalibration des Vertikalverstärkers T 1
 Übertragungsgüte des Vertikalverstärkers T 1
 Betriebsarten: CH.I/II, DUAL, ADD, CHOP.,
 INVERT- und XY-Betrieb T 2
 Kontrolle Triggerung T 2
 Zeitablenkung T 3
 Hold-Off-Zeit T 3
 Korrektur der Strahllage T 3

Service-Kurzanleitung

Allgemeines S 1
 Sicherheits-Hinweis S 1
 Öffnen des Gerätes S 1
 Betriebsspannungen S 1

Blockschaltbild
Schaltbilder
Bestückungspläne

Technische Daten

Vertikal-Ablenkung

Betriebsarten: Kanal I oder Kanal II einzeln, Kanal I und II: altern. oder chop. (Frequ. 0,5MHz)
Summe od. **Differenz:** beide Kanäle invertierbar
XY-Betrieb: über Kanal II und Kanal I
Frequenzbereich (analog): 0-100MHz (-3dB).
 Anstiegszeit: <3,5ns. Überschwinger: ≤1%.
Ablenkoeffizienten: 10 kalibrierte Stellungen von 5mV/cm bis 5V/cm (±3%) mit 1-2-5 Teilung variabel 2,5:1 bis mindestens **12,5V/cm**.
Y-Dehnung x5 (kalibriert) bis **1mV/cm** (±5%) im Frequenzbereich 0-10MHz (-3dB).
Eingangsimpedanz: 1MΩ II 25pF.
 Eingangskopplung: DC-AC-GND.
 Eingangsspannung: max. 400V (DC+Spitze AC).
Verzögerungsleitung: ca. 90ns

Triggerung

Automatisch auf Spitzenwert: **10Hz-130MHz** (ab 5mm Bildh.),
 Normal mit Pegelinstellung: **DC-130MHz**.
 Flanke: pos. oder neg. LED-Anz. für Triggereinsatz.
 Quellen: Kanal I, Kanal II, Netz, extern.
 Kopplung: **AC** (≥10Hz-40MHz), **DC** (0-40MHz), **HF** (≥30Hz-130MHz), **LF** (0-2kHz)..
Triggerpegelanzeige.
 Triggerschwelle extern: ≥100mV.
TV-Sync-Separator

Horizontal-Ablenkung

Zeitkoeffizienten (analog): 23 kalibr. Stellungen von 50ns bis 1s/cm (±3%) mit 1-2-5 Teilung, variabel 2,5:1 bis mindestens 2,5s/cm, mit **X-Dehnung x10** bis **5ns/cm** (±5%).
Hold-off-Zeit: variabel bis ca. 10:1
Zeitkoeffizienten (digital): 22 kalibr. Stellungen von 5µs-50ms/cm und 0,1s-50s/cm ±3%, mit **X-Dehnung x50** bis **100ns/cm** (±5%).
Bandbreite X-Verstärker: 0-2MHz (-3dB)
 Eingang X-Verstärker über Kanal II, Ablenkoeffizienten wie Kanal II.
X-Y-Phasendifferenz (analog): <3° unter 120kHz.
X-Y-Phasendifferenz (digital): <3° unter 500kHz.

Digitale Speicherung

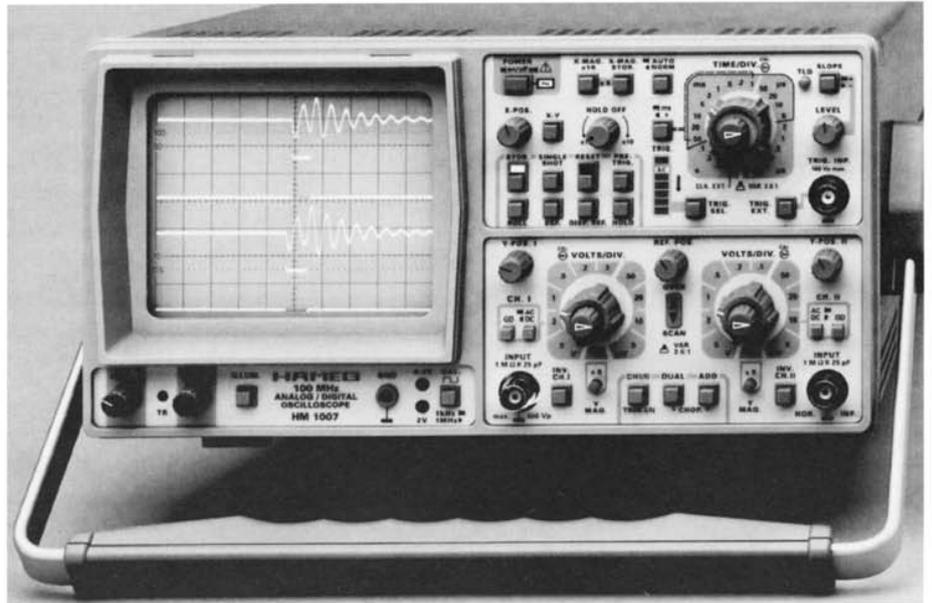
Betriebsarten: Roll, Refresh, Single, XY-Betrieb, Hold, Save Referenz, Display Ref., **Dot Joiner**.
Abtastrate: max. 40MS/s pro Kanal (Echtzeit).
Speicher: je Kanal 2k x 8 bit.
 Referenzspeicher: je Kanal 2k x 8 bit.
Pretrigger: 0 oder 50%.
Auflösung X: 200 Pkte./cm; Y: 25 Pkte./cm;
 XY: 25x25 Pkte./cm.
X-Dehnung: x5, x10, und x50.
XY: 2x2kx8 bit und Referenzspeicher 2x2kx8 bit. Speicher mit 2 Mikrozellen pufferbar.
 Eingang für externen Zeitbasistakt (TTL).
 HAMEG-Schnittstelle mit bidirektionalem Daten-Bus zum ext. Anschluß von Optionen:
 HAMEG-Graphikprinter od. -Multifunktions-Interface (IEEE-Bus, RS232, Matrixdrucker u. XY-Schreiber).

Verschiedenes

Röhre: D14-372GH, **8x10cm**, ca. 14kV.
 Rechteckform, Innenraster, Schnellheizung.
 Rasterbeleuchtungsschalter.
 Strahlendrehung: auf Frontseite einstellbar.
 Kalibrator: ca. 1kHz u. 1MHz, 0,2V/2V ±1% (t. ca. 5ns).
Schutzart: Schutzkl. I (VDE 0411 - CENELEC HD 401).
 Netzanschluß: 90 bis 260V~
Leistungsaufnahme: ca. 47 Watt, 50...400Hz.
 Zul. Umgebungstemperatur: -10°C...+40°C
 Gewicht: ca. 7kg. Farbe: techno-braun.
 Gehäuse (mm): **B** 285, **H** 145, **T** 380.

Änderungen vorbehalten

5/93



Analog-/Digital-Oszilloskop HM 1007

Analog: 2 Kanäle 0-100MHz, Zeitbasis max. 5ns/cm
Digital: Max. Abtastrate 2x40MS/s, Speicher 4x2048x8 bit

Mit der Entwicklung des neuen **HM1007** offeriert **HAMEG** wieder einmal ein Analog-/Digital-Oszilloskop, das in seiner Preisklasse wirklich als konkurrenzlos zu bezeichnen ist. **100MHz** Analogbandbreite, pro Kanal **40MS/s** Abtastrate mit **2k** Speichertiefe und je ein **Referenz-Speicher** zeigen, was der **HM1007** zu bieten hat. Alle in die Hauptspeicher eingelesenen Daten lassen sich jederzeit mit den Referenzsignalen vergleichen. Die Y-Position derselben ist kontinuierlich veränderbar, so daß man zur besseren Beurteilung die Signale übereinander schieben kann. Ein anderes Feature ist die zuschaltbare **Triggerlevel-Anzeige**. Sie dient vor allem der definierten Einstellung des Triggerpotentials für die Aufnahme sporadisch auftretender Einzelereignisse. Ebenso hilfreich ist ihr Einsatz, wenn ein im Automatikbetrieb arbeitender Graphic-Printer (z.B. **HD148**) angeschlossen ist.

Das Digitalteil des **HM1007** wurde als sogenannte "State machine" konzipiert. Eine der wesentlichen Eigenschaften ist, daß die gesamte Takt-Steuerung total synchronisiert abläuft. Speicheraufnahmen sind im **Refresh-, Roll-, Single-** und **XY-Betrieb** möglich. Zur Erfassung der "Vorgeschichte" eines Ereignisses ist der **Pre-Trigger** einschaltbar. Im Digitalbetrieb ist die Zeitachse max. **50fach** dehnbar, so daß die Auflösung dann **4 Punkte/cm** beträgt. D.h. **1MHz**-Signale können über den gesamten Schirm gedehnt mit 40 Punkten Auflösung dargestellt werden. Die Signalerkennung ist dabei noch sehr gut, da alle Punkte mit Hilfe des "**Dot-Joiners**" verbunden sind. Zwei von außen einsetzbare Batterien verhindern Datenverluste durch Netzausfall oder Abschalten des Oszilloskops. Optionell ist für den **HM1007** auch ein Interface (**HO79**) mit 4 Schnittstellen inkl. kostenloser Software erhältlich.

Mit 2 Kanälen von je **100MHz** und der **Verzögerungsleitung** ist auch der Analogteil des Gerätes entsprechend ausgestattet. Hinzu kommt, daß mit dem eingebauten **1MHz-Kalibrator** (Anstiegszeit ca. 3ns) die Übertragungsqualität - von der Tastspitze bis zum Bildschirm - ständig kontrollierbar ist. Aber auch die Triggerbandbreite von über **130MHz** und die **Spitzenwert**-Triggerung zeigen, welchen Anforderungen der **HM1007** gewachsen ist. Abgerundet wird das positive Erscheinungsbild mit der außergewöhnlich hellen und scharfen **14kV-Bildröhre**, die selbst bei sehr heller Umgebung lichtstarke Bilder darstellt. Sowohl in der Handhabung als auch im technischen Detail präsentiert sich der **HM1007** als praxisnahes und technologisch ausgereiftes Oszilloskop, das vor allem den Profi ansprechen wird.

Inklusives Zubehör
Netz kabel, Betriebsanleitung,
2 Tastköpfe 10:1 HZ51

Lieferbares Zubehör
50Ω-Durchgangsabschluß HZ22
Lichtschutztubus HZ 47
Tragetasche HZ96
Multifunktions-Bus HO79

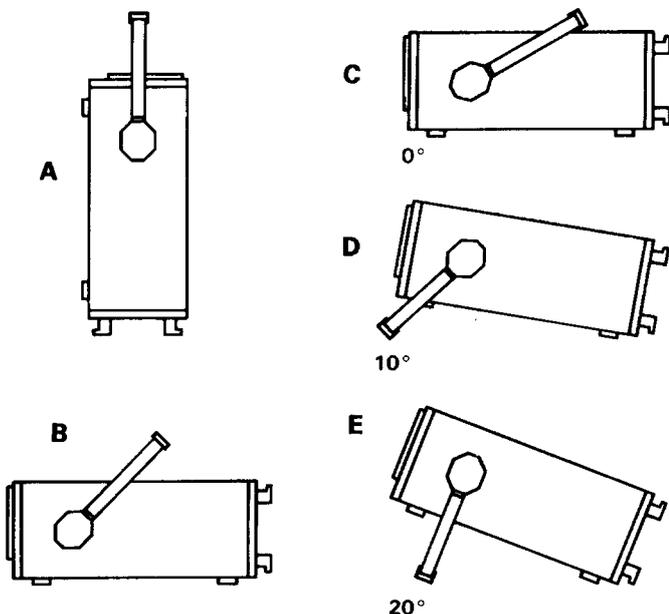
Bedienungsanleitung

Allgemeine Hinweise

Sofort nach dem Auspacken sollte das Gerät auf mechanische Beschädigungen und lose Teile im Innern überprüft werden. Falls ein Transportschaden vorliegt, ist sofort der Lieferant zu informieren. Das Gerät darf dann nicht in Betrieb gesetzt werden.

Aufstellung des Gerätes

Für die optimale Betrachtung des Bildschirms kann das Gerät in drei verschiedenen Positionen aufgestellt werden (siehe Bilder C, D, E). Wird das Gerät nach dem Tragen senkrecht aufgesetzt, bleibt der Griff automatisch in der Tragestellung stehen, siehe Abb. A. Will man das Gerät waagrecht auf eine Fläche stellen, wird der Griff einfach auf die obere Seite des Oszilloskops gelegt (Abb. C). Wird eine Lage entsprechend Abb. D gewünscht (10° Neigung), ist der Griff, ausgehend von der Tragestellung A, in Richtung Unterkante zu schwenken bis er automatisch einrastet. Wird für die Betrachtung eine noch höhere Lage des Bildschirms erforderlich, zieht man den Griff wieder aus der Raststellung und drückt ihn weiter nach hinten, bis er abermals einrastet (Abb. E mit 20° Neigung). Der Griff läßt sich auch in eine Position für waagrechtes Tragen bringen. Hierfür muß man diesen in Richtung Oberseite schwenken und, wie aus Abb. B ersichtlich, ungefähr in der Mitte schräg nach oben ziehend einrasten. Dabei muß das Gerät gleichzeitig angehoben werden, da sonst der Griff sofort wieder ausrastet.



Sicherheit

Dieses Gerät ist gemäß **VDE 0411 Teil 1 und 1a, Schutzmaßnahmen für elektronische Meßgeräte**, gebaut und geprüft und hat das Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muß der Anwender die Hinweise und Warnvermerke beachten, die in dieser Bedienungsanleitung, im Testplan und in der Service-Anleitung enthalten sind. **Gehäuse, Chassis und alle Meßanschlüsse sind mit dem Netzschutzleiter verbunden.** Das Gerät entspricht den Bestimmungen der Schutzklasse I. Die berührbaren Metallteile sind gegen die Netzpole mit 2200V Gleichspannung geprüft. Durch Verbindung mit anderen Netzanschlußgeräten können u.U. netzfrequente Brummspannungen im Meßkreis auftreten. Dies ist bei Benutzung eines Schutz-Trenntransformators der Schutzklasse II vor dem Meßobjekt leicht zu vermeiden. Das Oszilloskop darf aus Sicherheitsgründen nur an vorschriftsmäßigen Schutzkontaktsteckdosen betrieben werden.

Der Netzstecker muß eingeführt sein, bevor Signalstromkreise angeschlossen werden. Die Auftrennung der Schutzkontaktverbindung ist unzulässig.

Achtung!

Vor Benutzung der Schnittstelle ist der zusätzliche Sicherheitshinweis auf Seite M25 unbedingt zu beachten.

Wie bei den meisten Elektronenröhren entstehen auch in der Bildröhre γ -Strahlen. Beim HM1007 bleibt aber die **Ionendosisleistung weit unter 36 pA/kg**. Wenn anzunehmen ist, daß ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, so ist das Gerät außer Betrieb zu setzen und gegen unabsichtlichen Betrieb zu sichern. Diese Annahme ist berechtigt,

- wenn das Gerät sichtbare Beschädigungen hat,
- wenn das Gerät lose Teile enthält,
- wenn das Gerät nicht mehr arbeitet,
- nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen (z.B. im Freien oder in feuchten Räumen),
- nach schweren Transportbeanspruchungen (z.B. mit einer Verpackung, die nicht den Mindestbedingungen von Post, Bahn oder Spedition entsprach).

Betriebsbedingungen

Der zulässige Umgebungstemperaturbereich während des Betriebs reicht von +10°C... +40°C. Während der Lagerung oder des Transports darf die Temperatur zwischen -40°C und +70°C betragen. Hat sich während des Transports oder der Lagerung Kondenswasser gebildet, muß das Gerät ca. 2 Stunden akklimatisiert werden, bevor es in

Betrieb genommen wird. Das Oszilloskop ist zum Gebrauch in sauberen, trockenen Räumen bestimmt. Es darf nicht bei besonders großem Staub- bzw. Feuchtigkeitsgehalt der Luft, bei Explosionsgefahr sowie bei aggressiver chemischer Einwirkung betrieben werden. Die Betriebslage ist beliebig. Eine ausreichende Luftzirkulation (Konvektionskühlung) ist jedoch zu gewährleisten. Bei Dauerbetrieb ist folglich eine horizontale oder schräge Betriebslage (Aufstellbügel) zu bevorzugen. Die Lüftungslöcher dürfen nicht abgedeckt werden!

Nenndaten mit Toleranzangaben gelten nach einer Anwärmzeit von 30 Minuten und bei einer Umgebungstemperatur zwischen 15°C und 30 °C. Werte ohne Toleranzangabe sind Richtwerte eines durchschnittlichen Geräts.

Garantie

Jedes Gerät durchläuft vor dem Verlassen der Produktion einen Qualitäts-Test mit 10stündigem "burn-in". Im intermittierenden Betrieb wird dabei fast jeder Frühausfall erkannt. Dennoch ist es möglich, daß ein Bauteil erst nach längerer Betriebsdauer ausfällt. Daher wird auf alle Geräte eine **Funktionsgarantie von 2 Jahren** gewährt. Voraussetzung ist, daß im Gerät keine Veränderungen vorgenommen wurden. Für Versendungen per Post, Bahn oder Spedition wird empfohlen, die Originalverpackung sorgfältig aufzubewahren. Transportschäden und Schäden durch grobe Fahrlässigkeit werden von der Garantie nicht erfaßt.

Bei einer Beanstandung sollte man am Gehäuse des Gerätes einen Zettel befestigen, der stichwortartig den beobachteten Fehler beschreibt. Wenn dabei gleich der Name und die Telefon-Nr. (Vorwahl und Ruf- bzw. Durchwahl-Nr. oder Abteilungsbezeichnung) für evtl. Rückfragen angegeben wird, dient dies einer beschleunigten Abwicklung.

Wartung

Verschiedene wichtige Eigenschaften des Oszilloskops sollten in gewissen Zeitabständen sorgfältig überprüft werden. Nur so besteht eine weitgehende Sicherheit, daß alle Signale mit der den technischen Daten zugrundeliegenden Exaktheit dargestellt werden. Die im **Testplan** dieses Manuals beschriebenen Prüfmethoden sind ohne großen Aufwand an Meßgeräten durchführbar. Sehr empfehlenswert ist jedoch ein **SCOPE-TESTER HZ60**, der trotz seines niedrigen Preises Aufgaben dieser Art hervorragend erfüllt.

Die Außenseite des Oszilloskops sollte regelmäßig mit einem Staubpinsel gereinigt werden. Hartnäckiger Schmutz an Gehäuse und Griff, den Kunststoff- und Aluminiumteilen

läßt sich mit einem angefeuchteten Tuch (Wasser +1% Entspannungsmittel) entfernen. Bei fettigem Schmutz kann Brennspritus oder Waschbenzin (Petroleumäther) benutzt werden. Die Sichtscheibe darf mit Wasser oder Waschbenzin (aber nicht mit Alkohol oder Lösungsmitteln) gereinigt werden, sie ist dann noch mit einem trockenen, sauberen, fusselfreien Tuch nachzureiben. Keinesfalls darf die Reinigungsflüssigkeit in das Gerät gelangen. Die Anwendung anderer Reinigungsmittel kann die Kunststoff- und Lackoberflächen angreifen.

Schutz-Abschaltung

Dieses Gerät ist mit einem Schaltnetzteil ausgerüstet, welches mit Überstrom und -spannungs Schutzschaltungen ausgerüstet ist. Nach dem Ansprechen der Schutzschaltung wird das Schaltnetzteil abgeschaltet, und verbleibt in diesem Zustand. Kurzzeitige Einbrüche der Netzspannung bewirken ein gleichartiges Verhalten.

Ein erneutes Einschalten des HM1007 ist nur möglich, wenn das Gerät mit dem Netzschalter (rote **POWER**-Taste) zuvor für 10 Sekunden ausgeschaltet wurde.

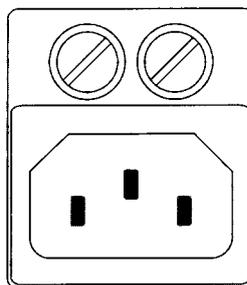
Netzspannung

Das Gerät arbeitet mit Netzspannungen von 100V_{AC} bis 240V_{AC}. Eine Netzspannungsumschaltung ist daher nicht vorgesehen.

Die Netzeingangssicherungen sind von außen zugänglich. Die Sicherungshalter befinden sich über der 3poligen Netzstecker-Buchse.

Ein Auswechseln der Sicherungen darf nur erfolgen, wenn zuvor das Netzkabel aus der Buchse entfernt wurde. Mit einem geeigneten Schraubenzieher kann nun der Sicherungshalter herausgeschraubt werden. Die Sicherung kann dann dem Halter entnommen und ebenso ersetzt werden. Danach wird der Sicherungshalter eingeschraubt.

Die Verwendung geflickter Sicherungen oder das Kurzschließen der Sicherungshalter ist unzulässig. Für dadurch entstehende Schäden haftet HAMEG nicht, ebenso erlischt der Garantieanspruch.



Sicherungstyp: Größe **5 x 20** mm; 250 V~, C; IEC 127, Bl. III; DIN 41 662 (evtl. DIN 41 571, Bl. 3). Abschaltung: **träge (T)** 1A.

Bedien-Elemente

Die Frontplatte ist, wie bei allen HAMEG-Oszilloskopen üblich, entsprechend den verschiedenen Funktionen in Felder aufgeteilt.

Zur besseren Verfolgung der Bedienungshinweise ist das am Ende der Anleitung befindliche Frontbild herausklappbar, so daß es immer neben dem Anleitungstext liegen kann. Alle nachfolgend aufgeführten Bedien- und Anzeige-Elemente sind, soweit nicht besonders erwähnt, im Analog- und Speicherbetrieb wirksam.

X-Feld:

Oben rechts neben dem Bildschirm befindet sich das X-Bedienfeld, das hauptsächlich die Bedienelemente für die X-Ablenkung und die Triggerung enthält. Die ebenfalls im X-Feld befindlichen Speicherteil-Bedienelemente sind entsprechend gekennzeichnet und werden im Abschnitt "Speicherbetrieb" erläutert.

POWER: Mit dem Einrasten dieser Taste (Netz-Schalter) wird der HM 1007 eingeschaltet (on) und die zugeordnete LED leuchtet.

X-MAG. x10: Das Einrasten dieser Taste bewirkt eine Dehnung der Signaldarstellung um den Faktor 10 (Ausschnittvergrößerung). Entsprechend ändert sich der Zeitablenkkoeffizient von z.B. $0.05\mu\text{s}/\text{cm}$ ($50\text{ns}/\text{cm}$) auf $0.005\mu\text{s}/\text{cm}$ ($5\text{ns}/\text{cm}$). Der darzustellende Signalausschnitt kann mit X-POS. bestimmt werden. Im X-Y Betrieb ist die Dehnungsfunktion unwirksam.

X-MAG. STOR. x5: Ist nur im Speicherbetrieb wirksam (X-Dehnung x5) und kann dann auch mit X-MAG. x10 kombiniert werden (X-Dehnung x50). Im X-Y Betrieb ist die Dehnungsfunktion unwirksam.

AUTO/NORM: Bewirkt die Umschaltung von automatischer Spitzenwert-Triggerung (ungedrückt) auf Normal-(NORM) Triggerung.

X-POS.: Mit dem X-Positionseinsteller kann die horizontale Strahlposition eingestellt werden. Der Drehknopf ist als Grob- und Fein-Einsteller wirksam.

X-Y: Diese Drucktaste dient der Umschaltung von Y(t) (Zeitbasis)-Betrieb auf XY-Betrieb (eingerastet).

HOLD OFF: Mit diesem Drehknopf kann im Analog-oszilloskop-Betrieb die Hold-Off-Zeit, durch Drehen im Uhrzeigersinn, verlängert werden. Die Holdoff-Zeit beginnt mit dem Ende eines Zeitablenkvorgangs und sperrt während ihrer Dauer die Triggerung. Erst nach Ablauf der Hold-Off-Zeit kann das nächste Triggersignal die Triggerung, und damit den nächsten Sägezahnstart auslösen. Bei vergrößerter Hold-Off-Zeit verringert sich die Wiederholhäufigkeit der Signaldarstellungen und damit auch die Strahlhelligkeit.

ms/s: Diese Drucktaste ist nur im Speicherbetrieb wirksam, siehe "Speicherbetrieb".

TIME/DIV. Schalter: Mit dem Zeitbasisschalter werden die Zeitkoeffizienten im Analog- und Digital-Betrieb in 1-2-5 Folge gewählt. Im Analog-Betrieb können alle Zeitbasisstellungen benutzt werden.

Die Digital-Zeitbasisbereiche (ms/s) sind, mit einer durchgehenden bzw. einer unterbrochenen Linie, gekennzeichnet. Diesbezügliche Erläuterungen, wie auch zu CLK. EXT., erfolgen im Abschnitt "Speicherbetrieb".

TIME/DIV. Feinsteller: Nur im Analog-Betrieb können mit diesem Einsteller die Zeitkoeffizienten durch Linksdrehung vergrößert werden (mindestens 2,5fach). Bei Rechtsanschlag ist die Analog-Zeitbasis kalibriert.

SLOPE +/-: Taste zur Wahl der Triggerflankenrichtung (ungedrückt = ansteigende, gedrückt = fallende Triggerflanke).

LEVEL: Dieser Einstellknopf ist sowohl bei automatischer Spitzenwerttriggerung als auch bei Normaltriggerung wirksam. Mit ihm wird eine Spannung (Triggerpunkt) vorgegeben, die das Triggersignal über- oder unterschreiten muß (je nach SLOPE-Stellung) um die Triggerung und damit den Start der Zeitablenkung, auszulösen.

TLD: Drucktaste zum Einschalten des Trigger-LEVEL-Display (Trigger-LEVEL-Anzeige). Mit dieser Funktion wird der Triggerpunkt auf dem Bildschirm als gestrichelte waagerechte Linie sichtbar gemacht; gleichzeitig erfolgt die ungetriggerte Signaldarstellung des Kanals, von dem das interne Triggersignal stammt. Bei XY-Betrieb, Netzfrequenz, TV- sowie externer Triggerung wird die Trigger-LEVEL-Anzeige nicht ermöglicht.

Mit dem LEVEL-Einsteller ist die Position der Triggerpunkt-Markierung in vertikaler Richtung einstellbar. Bei automatischer Spitzenwert-Triggerung (AUTOM) ist die Positionsänderung durch die Signalamplitude begrenzt, bzw. ohne Signal kaum wahrnehmbar.

Der Y-Positionseinsteller des Kanals, von dem das interne Triggersignal stammt, ändert außer der vertikalen Signalposition auch die Position der Triggerpunkt-Markierung. Siehe auch Trigger-LEVEL-Anzeige.

TRIG. INP.: BNC-Buchse als Signaleingang für externe Triggerung.

TRIG. EXT.: Drucktaste zum Umschalten von internem (ungedrückt) auf externes (gedrückt) Triggersignal. Das externe Triggersignal wird an die TRIG. INP.-Buchse angelegt.

(TRIG.) TR-LED: Die Trigger-Anzeige signalisiert durch aufleuchten, daß die Triggerbedingungen (Trigger-Signal und -Einstellungen) erfüllt sind.

TRIG. SEL.: Drucktaster zur Wahl der Triggerkopplungsart. In der Grundstellung liegt AC-Triggerkopplung vor und die, links vom Drucktaster befindliche, AC-Anzeige leuchtet. Mit jedem kurzen Tastendruck wird auf die nächste Kopplungsart umgeschaltet.

Folge: AC-DC-HF-LF-Kopplung, Netzfrequenz- und TV-Triggerung.

Mit einem "längeren" Tastendruck wird direkt auf AC-Triggerkopplung zurückgeschaltet.

Y-Feld:

Unten rechts neben dem Bildschirm sind die Bedien- und Anzeigeelemente angeordnet, welche die Y-Ablenkung betreffen.

INPUT: BNC-Buchsen der Vertikalverstärkereingänge für CH I (Kanal I) links) und CH II (Kanal II) rechts. Bei XY-Betrieb wirkt der Eingang von CH II als Horizontalverstärkereingang (HOR. INP.). Die äußeren Anschlüsse der BNC-Buchsen sind direkt (galvanisch) mit dem Chassis und damit, bei sicherheitstechnisch einwandfreiem Betrieb, mit dem Schutzleiter der Netzversorgung verbunden.

GD: Ground(Masse)-Tasten für Kanal I und II. Ist GD eingerastet, wird direkt hinter der jeweiligen BNC-Eingangsbuchse (INPUT) der Signalweg aufgetrennt. Gleichzeitig wird der Y-Meßverstärkereingang auf Masse geschaltet, um die Darstellung der Referenzlinie für Massepotential zu ermöglichen. Die Position der Referenzlinie kann mit dem Y-POS. Einsteller verändert werden.

Ist die GD-Taste ungedrückt, gelangt das an INPUT befindliche Signal auf den AC/DC-Eingangskopplungsschalter.

AC/DC: Eingangskopplungsschalter für Kanal I und II.

Ausgerastet liegt AC(Wechselstrom)-Kopplung vor. Dabei wird das Eingangssignal über einen Kondensator auf die nachfolgende Schaltung angekoppelt. Der $1\text{M}\Omega$ Eingangswiderstand liegt hinter dem Kondensator (Hochpaß).

Eingerastet ist DC(Gleichstrom)-Kopplung gegeben, dabei wird der AC-Koppelkondensator kurzgeschlossen.

VOLTS/DIV.-Schalter: Mit dem jeweiligen Eingangsteilerschalter wird die Y-Empfindlichkeitseinstellung (Ablenkkoeffizient) für die Kanäle I (links) und II (rechts) in 1-2-5 Folge vorgenommen. Damit kann die Amplitude der Signaldarstellung schrittweise verändert werden, um eine gewünschte Vertikalauslenkungshöhe zu erzielen. Die Ablenkkoeffizienten am Eingangsteiler sind in mVss/cm oder Vss/cm angegeben.

VOLTS/DIV.-Feinsteller: Der, dem jeweiligen Teilerschalter zugeordnete, Feinsteller ermöglicht die kontinuierliche Veränderung des Y-Ablenkkoeffizienten. Die Empfindlichkeit ist bei Rechtsanschlag kalibriert und verringert sich bei

Linksdrehung mindestens um den Faktor 2,5. So ist jede Empfindlichkeitszwischenstellung einstellbar.

Y-MAG. x5: Drucktasten zur Erhöhung der Y-Empfindlichkeit der Kanäle I und II um den Faktor 5. Befindet sich der Teilerschalter in der kalibrierten Stellung 5mV/cm und ist die Y-MAG. x5 Taste eingerastet, beträgt der Y-Ablenkkoeffizient 1mV/cm . Dabei verringert sich die Bandbreite des Vertikalverstärkers.

Die Funktionen der 3 Tasten CH I/II-TRIG. I/II, DUAL und ADD, mit denen die Vertikal-Betriebsarten (VERT. MODE) bestimmt werden, sind miteinander verknüpft.

CH I/II-TRIG. I/II: Ist diese Taste ungedrückt, und ist dies auch für die Tasten "DUAL" und "ADD" der Fall, wird nur Kanal I dargestellt (Mono-Betrieb). Das Eingangssignal dieses Kanals ist bei interner Triggerung auch das Triggersignal.

Sinngemäß verhält es sich, wenn diese Taste gedrückt ist, für Kanal II.

DUAL: Wird die DUAL-Taste eingerastet (CH I/II-TRIG. I/II und ADD ungedrückt), erfolgt die Umschaltung auf alternierenden DUAL(Zweikanal)-Betrieb. Dabei wird nach jedem Zeitablenkvorgang auf den anderen, zuvor nicht dargestellten, Kanal umgeschaltet.

Sind beide Kanäle nicht mehr (scheinbar) gleichzeitig sichtbar oder flimmert die Darstellung, sollte die Taste ADD zusätzlich gedrückt werden. Dann erfolgt die Zweikanal-darstellung im CHOP.-Betrieb, bei dem eine zeitbasis-unabhängige Kanalumschaltung mit einer hohen Frequenz, innerhalb einer Zeitablenkperiode, erfolgt.

Mit der Taste CH I/II-TRIG. I/II kann bestimmt werden, welcher Kanal das interne Triggersignal zur Verfügung stellt (ungedrückt Kanal I, gedrückt Kanal II).

ADD: Ist die ADD(Addition)-Taste gedrückt (DUAL und CH I/II-TRIG. I/II ungedrückt) werden die Eingangssignale von Kanal I und II addiert. Dabei stellt Kanal I das interne Triggersignal zur Verfügung. Durch Drücken von CH I/II-TRIG. I/II erfolgt die interne Triggerung mit dem Signal von Kanal II.

Auch die mit den Y-POS. Einstellern veränderbaren Strahlpositionen werden addiert.

INV. CH I: Mit dem Drücken dieser Taste wird die Y-Signaldarstellung von Kanal I um 180° gedreht (invertiert). Das interne Triggersignal und die Y-Strahlpositionseinstellung werden damit nicht beeinflusst

INV. CH II: Wird diese Taste gedrückt wird die Y-Signaldarstellung von Kanal II invertiert. Eine Beeinflussung des internen Triggersignals und der Y-Strahlpositionseinstellung erfolgt nicht.

Im XY-Analogbetrieb ist diese Taste wirkungslos, während im XY-Speicherbetrieb die 180° Drehung dann die X-Ablenkung betrifft.

Y-POS. I: Y-Strahlverschiebungs-Einsteller für Kanal I.

Y-POS. II: Y-Strahlverschiebungs-Einsteller für Kanal II. Im XY-Analogbetrieb ist dieser Einsteller wirkungslos, während im XY-Speicherbetrieb die Verschiebung in X-Richtung erfolgt.

OVERSCAN: Mit dieser LED-Anzeige wird das Über- und/oder Unterschreiten der vertikalen Rastergrenzen durch den Elektronenstrahl signalisiert.

REF.-POS.: siehe Speicherbetrieb.

Z-Feld:

Dieses Feld befindet sich unterhalb der Strahlröhre. Hier befinden sich:

INTENS.: Einsteller für die Strahlhelligkeit (INTENS.).

TR: Mit dem TR(Trace rotation = Strahldrehung)-Potentiometer läßt sich der Einfluß des Erdmagnetfeldes auf die Strahlablenkung ausgleichen.

FOCUS: Strahlschärfe-Einsteller.

ILLUM.: Ist diese Taste gedrückt, wird das Meßraster (Innenraster) der Strahlröhre beleuchtet. Andernfalls würde bei fotografischer Registrierung (mit Lichtschutztubus) nur der Katodenstrahl den Film belichten, aber nicht das Meßraster. Ohne Raster könnte die Aufnahme nicht ausgewertet werden.

GND: Massebuchse für 4mm Bananenstecker. Diese Buchse ist direkt mit dem Chassis verbunden und kann, beim Messen von niederfrequenten Signalen als Meßbezugspotentialanschluß dienen. Dieser Anschluß ist direkt (galvanisch) mit dem Schutzleiter der Netzversorgung verbunden, wenn einwandfreie Betriebsbedingungen vorliegen.

CAL.: Taste für die Umschaltung des Rechteck-Kalibratorsignals von ca. 1kHz auf ca. 1MHz. Es wird mit einer Spannung von $0,2V_{ss}$ bzw. $2V_{ss}$ an den entsprechend gekennzeichneten Buchsen abgegeben. Siehe "Tastkopf-Abgleich und Anwendung".

Alle Details sind so ausgelegt, daß auch bei Fehlbedienung kein größerer Schaden entstehen kann. Die Drucktasten besitzen im wesentlichen nur Nebenfunktionen. Man sollte daher bei Beginn der Arbeiten darauf achten, daß keine der Tasten eingedrückt ist. Die Anwendung richtet sich nach dem jeweiligen Bedarfsfall.

Art der Signalspannung

Der HM1007 erfaßt praktisch alle sich periodisch wiederholenden Signalarten, von Gleichspannung bis zu einer Frequenz von mindestens **100MHz** (-3dB).

Der Vertikalverstärker ist so ausgelegt, daß die Übertragungsgüte nicht durch eigenes Überschwingen beeinflusst wird.

Die Darstellung einfacher elektrischer Vorgänge, wie sinusförmige HF- und NF-Signale oder netzfrequente Brummspannungen, ist in jeder Hinsicht problemlos. Beim Messen ist ein ab ca. **40MHz** zunehmender Meßfehler zu berücksichtigen, der durch Verstärkungsabfall bedingt ist. Bei ca. **60MHz** beträgt der Abfall etwa 10%, der tatsächliche Spannungswert ist dann ca. 11% größer als der angezeigte Wert. Wegen der differierenden Bandbreiten der Vertikalverstärker (-3dB zwischen 115 und 125MHz), ist der Meßfehler nicht so exakt definierbar.

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. Bei der Auswertung solcher Signale ist dieser Sachverhalt zu berücksichtigen.

Schwieriger ist das Oszilloskopieren 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 gut getriggertes Bild zu erhalten, ist u.U. die Zuhilfenahme des HOLDOFF- und/oder des Zeit-Feinstellers erforderlich. Video-Signale (FBAS-Signale) sind mit Hilfe des aktiven TV-Sync-Separator leicht triggerbar.

Die zeitliche Auflösung ist unproblematisch. Beispielsweise wird bei ca. **100MHz** und der kürzesten einstellbaren Ablenkzeit (5ns/cm) alle 2cm ein Kurvenzug geschrieben.

Für den wahlweisen Betrieb als Wechsel- oder Gleichspannungsverstärker hat 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 werden, oder wenn die Erfassung des Gleichspannungsanteils der Signalspannung unbedingt erforderlich ist.

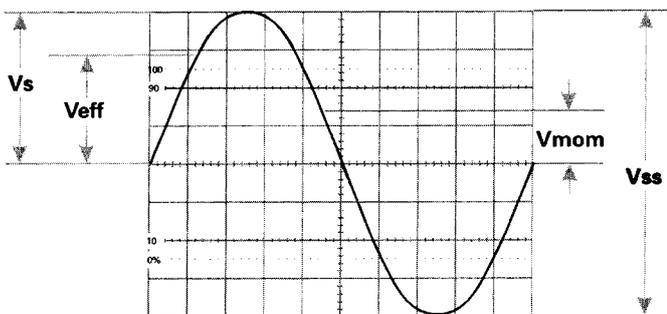
Bei der Aufzeichnung sehr niederfrequenter Impulse können bei AC-Wechselstromkopplung des Vertikalverstärkers störende Dachschrägen auftreten (AC-Grenzfrequenz ca. 3Hz für -3dB). In diesem Falle ist, wenn die Signalspannung

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 eine genügende Spannungsfestigkeit besitzen. DC-Kopplung ist auch für die Darstellung von Logik- und Impuls-Signalen zu empfehlen, besonders dann, wenn sich das Tastverhältnis ständig ändert. Andernfalls wird sich das Bild bei jeder Änderung auf- oder abwärts bewegen. 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 Spannungskurve.

Will man eine auf dem Oszilloskopschirm 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 sind aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.



Spannungswerte an einer Sinuskurve

V_{eff} = Effektivwert; V_s = einfacher Spitzenwert;
 V_{ss} = Spitze-Spitze-Wert; V_{mom} = Momentanwert

Die minimal erforderliche Signalspannung am Y-Eingang für ein 1 cm hohes Bild beträgt $1mV_{ss}$, wenn die Drucktaste **Y-MAG.x5** gedrückt ist und der **Feinstell-Knopf** des auf **5mV/cm** eingestellten Eingangsteilerschalters sich in seiner kalibrierten Stellung **CAL.** (Rechtsanschlag) befindet. Es können jedoch auch noch kleinere Signale aufgezeichnet werden. Die Ablenkoeffizienten am Eingangsteiler sind in mVss/cm oder Vss/cm angegeben. **Die Größe der angelegten Spannung ermittelt man durch Multiplikation des eingestellten Ablenkoeffizienten mit der abgelesenen vertikalen Bildhöhe in cm.** Wird mit Tastteiler

10:1 gearbeitet, ist nochmals mit 10 zu multiplizieren. **Für Amplitudenmessungen muß der Feinsteller am Eingangsteilerschalter in seiner kalibrierten Stellung CAL. stehen** (Pfeil waagrecht nach rechts zeigend). Wird der Feinstellknopf nach links gedreht, verringert sich die Empfindlichkeit in jeder Teilerschalterstellung mindestens um den Faktor 2,5. So kann jeder Zwischenwert innerhalb der 1-2-5 Abstufung eingestellt werden. Bei direktem Anschluß an den Y-Eingang sind **Signale bis 100V_{ss}** darstellbar (Teilerschalter auf **5V/cm**, Feinsteller auf Linksanschlag).

Mit den Bezeichnungen

H= Höhe in cm des Schirmbildes,

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

A= Ablenkoeffizient in V/cm am Teilerschalter

läßt sich aus gegebenen zwei Werten die dritte Größe errechnen:

$$U = A \cdot H$$

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

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

Alle drei Werte sind jedoch nicht frei wählbar. Sie müssen beim HM1007 innerhalb folgender Grenzen liegen (Triggerschwelle, Ablesegenauigkeit):

H zwischen 0,5 und 8 cm, möglichst 3,2 und 8 cm,

U zwischen 1 mV_{ss} und 40 V_{ss},

A zwischen 1 mV/cm und 5 V/cm in 1-2-5 Teilung.

Beispiele:

Eingest. Ablenkoeffizient **A** = 50 mV/cm $\hat{=}$ 0,05 V/cm,

abgelesene Bildhöhe **H** = 4,6 cm,

gesuchte Spannung U = 0,05x4,6 = **0,23 V_{ss}**

Eingangsspannung **U** = 5 V_{ss},

eingestellter Ablenkoeffizient **A** = 1 V/cm,

gesuchte Bildhöhe H = 5:1 = **5 cm**

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

(Spannung >40 V_{ss}, mit Tastteiler 100:1 **U** = 6,22 V_{ss}),

gewünschte Bildhöhe **H** = mind. 3,2 cm, max. 8 cm,

maximaler Ablenkoeffizient **A** = 6,22:3,2 = 1,94 V/cm,

minimaler Ablenkoeffizient **A** = 6,22:8 = 0,78 V/cm,

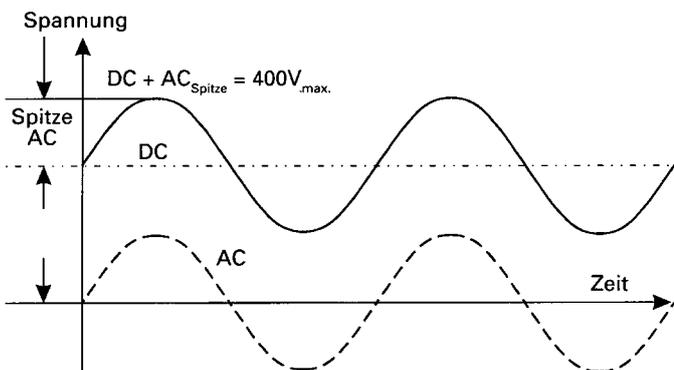
einzustellender Ablenkoeffizient A = 1 V/cm

Ist dem Meßsignal eine Gleichspannung überlagert, darf der Gesamtwert (Gleichspannung + einfacher Spitzenwert der Wechselspannung) des Signals am Y-Eingang \pm 400 V nicht überschreiten (siehe Abbildung). Der gleiche Grenzwert gilt auch für normale Tastteiler 10:1, durch deren Teilung jedoch Signalspannungen bis ca. 400V_{ss} auswertbar sind. Mit Spezialtastteiler 100:1 (z.B. HZ53) können Spannungen bis ca. 2400 V_{ss} gemessen werden. Allerdings verringert sich dieser Wert bei höheren Frequenzen (siehe technische Daten HZ53). 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 400 V gelegt werden (siehe „Anlegen der Signalspannung“, Seite M 6).

Mit der auf **GD** geschalteten Eingangskopplung 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.



Gesamtwert der Eingangsspannung

Die gestrichelte Kurve zeigt eine Wechselspannung, die um 0 Volt schwankt. Ist diese Spannung einer Gleichspannung überlagert (DC), so ergibt die Addition der positiven Spitze zur Gleichspannung die maximal auftretende Spannung (DC + AC Spitze)

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 **TIME/DIV.**-Schalters können eine oder mehrere Signalperioden oder auch nur ein Teil einer Periode dargestellt werden. Die Zeitkoeffizienten sind am **TIME/DIV.**-Schalter in **s/cm**, **ms/cm** und **µs/cm** angegeben.

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. Dabei muß der mit einer Pfeil-Knopfkappe gekennzeichnete Zeit-Feineinsteller in seiner kalibrierten Stellung CAL. stehen (Pfeil waagrecht nach rechts zeigend). Dieser Einsteller ist im Digitalspeicher-Betrieb unwirksam.

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

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

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

Bei gedrückter Taste X-MAG. x10 ist Z durch 10 zu teilen.

Alle vier Werte sind jedoch nicht frei wählbar. Sie sollten beim HM1007 innerhalb folgender Grenzen liegen:

L zwischen 0,2 und 10 cm, möglichst 4 bis 10 cm,

T zwischen 0,05µs und 500s,

F zwischen 1mHz und 100MHz,

Z zwischen 0,05s/cm und 50s/cm in 1-2-5 Teilung

(**bei ungedrückter Taste X-MAG. x10**), und

Z zwischen 5 ns/cm und 5 s/cm in 1-2-5 Teilung

(**bei gedrückter Taste X-MAG. x10**).

Beim HM1007 ist die Skala **TIME/DIV.** unterteilt. Die ausgezogenen bzw. gestrichelten Linien haben im Analogbetrieb des Oszilloskops keine Bedeutung. Auch die Drucktaste **ms/s** links neben der Skala ist außer Funktion. Sie wird nur im Speicherbetrieb benötigt.

Beispiele:

Länge eines Wellenzugs **L** = 7 cm,

eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 0,05 s/cm,

gesuchte Periodenzeit T = $7 \times 0,05 \times 10^{-6} = 0,35 \mu\text{s}$

gesuchte Folgefrequenz F = $1 : (0,35 \times 10^{-6}) = 2,86 \text{ MHz}$.

Länge eines Brummspannung-Wellenzugs **L** = 1 cm,

eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 10 ms/cm,

gesuchte Brummfrequenz F = $1 : (1 \times 10 \times 10^{-3}) = 100 \text{ Hz}$.

TV-Zeilenfrequenz **F** = 15 625 Hz,

eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 10µs/cm,

gesuchte Länge L = $1 : (15 625 \times 10^{-5}) = 6,4 \text{ cm}$.

Länge einer Sinuswelle **L** = min. 4 cm, max. 10 cm,

Frequenz **F** = 1 kHz,

max. Zeitkoeffizient **Z** = $1 : (4 \times 10^3) = 0,25 \text{ ms/cm}$,

min. Zeitkoeffizient **Z** = $1 : (10 \times 10^3) = 0,1 \text{ ms/cm}$,

einzustellender Zeitkoeffizient Z = **0,2 ms/cm**,

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

Länge eines HF-Wellenzugs **L** = 1 cm,

eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 0,5µs/cm,

gedrückte Dehnungstaste x 10: Z = 50 ns/cm,

gesuchte Signalfrequenz F = $1 : (1 \times 50 \times 10^{-9}) = 20 \text{ MHz}$,

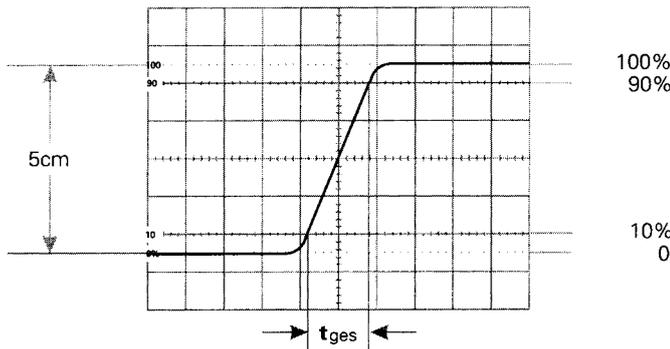
gesuchte Periodenzeit T = $1 : (20 \times 10^6) = 50 \text{ ns}$.

Ist der zu messende Zeitabschnitt im Verhältnis zur vollen Signalperiode relativ klein, sollte man mit gedehntem

Zeitmaßstab (**X-MAG. x10**) arbeiten. Die ermittelten Zeitwerte sind dann durch 10 zu dividieren. Durch Drehen des **X-POS.**-Knopfes kann der interessierende Zeitabschnitt in die Mitte des Bildschirms geschoben werden.

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. Für **5 cm** hohe und symmetrisch zur Mittellinie eingestellte Signalamplituden hat das Bildschirm-Innenraster zwei punktierte horizontale Hilfslinien in 2,5 cm Mittenabstand. **Der horizontale Zeitabstand in cm zwischen den beiden Punkten, an denen die Strahllinie oben und unten die horizontalen Rasterlinien mit ±2 cm Mittenabstand und 2 mm-Unterteilung 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.



Bei einem am **TIME/DIV.**-Schalter eingestellten Zeitkoeffizienten von $0,05\mu\text{s/cm}$ und gedrückter Dehnungstaste $\times 10$ ergäbe das Bildbeispiel eine gemessene Gesamtanstiegszeit von

$$t_{ges} = 1,6\text{cm} \times 0,05\mu\text{s/cm} : 10 = 8\text{ns}$$

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

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

Dabei ist t_{ges} die gemessene Gesamtanstiegszeit, t_{osz} die vom Oszilloskop (beim HM1007 ca. 3,5 ns) und t_t die des Tastteilers, z.B. = 2ns. Ist t_{ges} größer als 34ns, dann kann die Anstiegszeit des Vertikalverstärkers vernachlässigt werden (Fehler <1%).

Obiges Bildbeispiel ergibt damit eine Signal-Anstiegszeit von

$$t_s = \sqrt{8^2 - 3,5^2 - 2^2} = 6,91\text{ns}$$

Die Messung der Anstiegs- oder Abfallzeit ist natürlich nicht auf die oben im Bild gezeigte Bild-Einstellung begrenzt. Sie ist so nur besonders einfach. Prinzipiell kann in jeder Bildlage und bei beliebiger Signalamplitude gemessen werden. Wichtig ist nur, daß die interessierende Signalflanke in voller Länge bei nicht zu großer Steilheit sichtbar ist und daß der Horizontalabstand bei 10% und 90% der Amplitude gemessen wird. Zeigt die Flanke Vor- oder Überschwingen, sollte 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):

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

Inbetriebnahme und Voreinstellungen

Die Verbindung zwischen Schutzleiteranschluß und dem Netz-Schutzleiter ist vor jeglichen anderen Verbindungen herzustellen (Netzstecker also vorher anschließen).

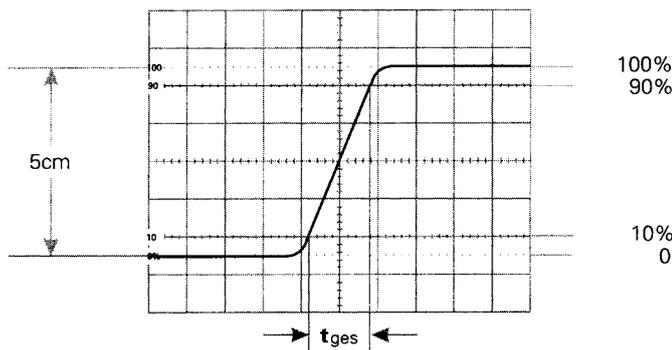
Es wird empfohlen, bei Beginn der Arbeiten keine der Tasten zu drücken und die 3 Bedienungsknöpfe mit Pfeilen in ihre kalibrierte Stellung CAL. einzurasten. Die übrigen auf Knopfkapfen angebrachten Striche sollen etwa senkrecht nach oben zeigen (Mitte des Einstellbereiches). Der mit einem Punkt auf der Knopfkappe versehene HOLDOFF-Knopf sollte sich in der Raststellung (Linksanschlag) befinden.

Mit der roten Netztaaste **POWER** wird das Gerät in Betrieb gesetzt. Die aufleuchtende LED zeigt den Betriebszustand an. Wird nach 10 Sekunden Anheizzeit kein Strahl sichtbar, ist möglicherweise der **INTENS.**-Einsteller nicht genügend aufgedreht, oder der Zeitbasis-Generator wird nicht ausgelöst. Es können auch die **POS.**-Einsteller verstellt sein, wobei dann die **OVERSCAN**-Anzeige leuchten würde. Es ist dann nochmals zu kontrollieren, ob entsprechend den Hinweisen alle Knöpfe und Tasten in den richtigen Positionen stehen. Dabei ist besonders auf die **AUTO/NORM**-Taste zu achten. Ohne angelegte Meßspannung wird die Zeitlinie nur dann sichtbar, wenn sich diese ausgerastet in der **AUTO**-Stellung (Automatische Triggerung) befindet. Erscheint nur ein Punkt (Vorsicht, Einbrenngefahr!), ist wahrscheinlich die Taste **X-Y** gedrückt. Sie ist dann auszulösen. Ist die Zeitlinie sichtbar, wird am **INTENS.**-Knopf eine mittlere Helligkeit und am Knopf **FOCUS** die maximale Schärfe eingestellt. Dabei sollte sich die Eingangskopplungs-Drucktaste **GD (CH.I)** in Rast-Stellung **GD** (ground = Masse) befinden. Der Eingang des Vertikalverstärkers ist dann

Zeitmaßstab (**X-MAG. x10**) arbeiten. Die ermittelten Zeitwerte sind dann durch 10 zu dividieren. Durch Drehen des **X-POS.**-Knopfes kann der interessierende Zeitabschnitt in die Mitte des Bildschirms geschoben werden.

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. Für **5 cm** hohe und symmetrisch zur Mittellinie eingestellte Signalamplituden hat das Bildschirm-Innenraster zwei punktierte horizontale Hilfslinien in 2,5 cm Mittenabstand. **Der horizontale Zeitabstand in cm zwischen den beiden Punkten, an denen die Strahllinie oben und unten die horizontalen Rasterlinien mit ±2 cm Mittenabstand und 2 mm-Unterteilung 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.



Bei einem am **TIME/DIV.**-Schalter eingestellten Zeitkoeffizienten von $0,05\mu\text{s}/\text{cm}$ und gedrückter Dehnungstaste $\times 10$ ergäbe das Bildbeispiel eine gemessene Gesamtanstiegszeit von

$$t_{\text{ges}} = 1,6\text{cm} \times 0,05\mu\text{s}/\text{cm} : 10 = \mathbf{8\text{ns}}$$

Bei sehr kurzen Zeiten ist die Anstiegszeit des Oszilloskop-Vertikalverstärkers und des evtl. benutzten Tastergeometers geometrisch vom gemessenen Zeitwert abzuziehen. Die Anstiegszeit des Signals ist dann

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

Dabei ist t_{ges} die gemessene Gesamtanstiegszeit, t_{osz} die vom Oszilloskop (beim HM1007 ca. 3,5 ns) und t_t des Tastergeometers, z.B. = 2ns. Ist t_{ges} größer als 34ns, dann kann die Anstiegszeit des Vertikalverstärkers vernachlässigt werden (Fehler < 1%).

Obiges Bildbeispiel ergibt damit eine Signal-Anstiegszeit von

$$t_s = \sqrt{8^2 - 3,5^2 - 2^2} = \mathbf{6,91\text{ns}}$$

Die Messung der Anstiegs- oder Abfallzeit ist natürlich nicht auf die oben im Bild gezeigte Bild-Einstellung begrenzt. Sie ist so nur besonders einfach. Prinzipiell kann in jeder Bildlage und bei beliebiger Signalamplitude gemessen werden. Wichtig ist nur, daß die interessierende Signalflanke in voller Länge bei nicht zu großer Steilheit sichtbar ist und daß der Horizontalabstand bei 10% und 90% der Amplitude gemessen wird. Zeigt die Flanke Vor- oder Überschwingen, sollte 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):

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

Inbetriebnahme und Voreinstellungen

Die Verbindung zwischen Schutzleiteranschluß und dem Netz-Schutzleiter ist vor jeglichen anderen Verbindungen herzustellen (Netzstecker also vorher anschließen).

Es wird empfohlen, bei Beginn der Arbeiten keine der Tasten zu drücken und die 3 Bedienungsknöpfe mit Pfeilen in ihre kalibrierte Stellung CAL. einzurasten. Die übrigen auf Knopfkapfen angebrachten Striche sollen etwa senkrecht nach oben zeigen (Mitte des Einstellbereiches). Der mit einem Punkt auf der Knopfkappe versehene HOLDOFF-Knopf sollte sich in der Raststellung (Linksanschlag) befinden.

Mit der roten Netztaaste **POWER** wird das Gerät in Betrieb gesetzt. Die aufleuchtende LED zeigt den Betriebszustand an. Wird nach 10 Sekunden Anheizzeit kein Strahl sichtbar, ist möglicherweise der **INTENS.**-Einsteller nicht genügend aufgedreht, oder der Zeitbasis-Generator wird nicht ausgelöst. Es können auch die **POS.**-Einsteller verstellt sein, wobei dann die **OVERSCAN**-Anzeige leuchten würde. Es ist dann nochmals zu kontrollieren, ob entsprechend den Hinweisen alle Knöpfe und Tasten in den richtigen Positionen stehen. Dabei ist besonders auf die **AUTO/NORM**-Taste zu achten. Ohne angelegte Meßspannung wird die Zeitlinie nur dann sichtbar, wenn sich diese ausgerastet in der **AUTO**-Stellung (Automatische Triggerung) befindet. Erscheint nur ein Punkt (Vorsicht, Einbrenngefahr!), ist wahrscheinlich die Taste **X-Y** gedrückt. Sie ist dann auszulösen. Ist die Zeitlinie sichtbar, wird am **INTENS.**-Knopf eine mittlere Helligkeit und am Knopf **FOCUS** die maximale Schärfe eingestellt. Dabei sollte sich die Eingangskopplungs-Drucktaste **GD (CH.I)** in Rast-Stellung **GD** (ground = Masse) befinden. 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 in Stellung **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.

Strahldrehung TR

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 mit einem kleinen Schraubenzieher möglich.

Anlegen der Signalspannung

Vorsicht beim Anlegen unbekannter Signale an den Vertikaleingang! Ohne vorgeschalteten Taster sollte der Schalter für die Signalkopplung zunächst immer auf **AC** und der Eingangsteilerschalter auf **5V/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 Vertikalverstärker total übersteuert (siehe unter „Y-Überbereichsanzeige“). Der Eingangsteilerschalter muß dann nach links zurückgedreht werden, bis die vertikale Auslenkung 3-8cm hoch ist. Bei mehr als $40V_{ss}$ großer Signalamplitude ist unbedingt ein Taster vorzuschalten. Verdunkelt sich die Strahllinie beim Anlegen des Signals sehr stark, ist wahrscheinlich die Periodendauer des Meßsignals wesentlich länger als der eingestellte Wert am **TIME/DIV**-Schalter. Letzterer ist dann auf einen entsprechend größeren Zeitkoeffizienten nach links zu drehen.

Die Zuführung des aufzuzeichnenden Signals an den Y-Eingang des Oszilloskops ist mit einem abgeschirmten Meßkabel wie z.B. HZ32 und HZ34 direkt oder über einen Taster 10:1 geteilt möglich. Die Verwendung der Meßkabel an hochohmigen Meßobjekten ist jedoch nur dann empfehlenswert, wenn mit relativ niedrigen Frequenzen (bis etwa 50 kHz) gearbeitet wird. Für höhere Frequenzen muß die Meßspannungsquelle niederohmig, d.h. an

den Kabel-Wellenwiderstand (in der Regel 50Ω) 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 50Ω Kabels wie z.B. HZ34 ist hierfür von HAMEG der 50Ω Durchgangsabschluß HZ22 erhältlich. Vor allem bei der Übertragung von Rechtecksignalen mit kurzer Anstiegszeit werden ohne Abschluß an den Flanken und Dächern störende Einschwingverzerrungen sichtbar. Manchmal empfiehlt sich die Verwendung eines Abschlußwiderstandes auch bei Sinussignalen. Gewisse Verstärker, Generatoren oder ihre Abschwächer halten die Nenn-Ausgangsspannung nur dann frequenzunabhängig ein, wenn ihr Anschlußkabel mit dem vorgeschriebenen Widerstand abgeschlossen ist. Dabei ist zu beachten, daß man den Abschlußwiderstand HZ22 nur mit max. 2 Watt belasten darf. Diese Leistung wird mit $10V_{eff}$ oder bei Sinussignal mit $28,3V_{ss}$ erreicht.

Wird ein Taster 10:1 oder 100:1 verwendet, ist kein Abschluß erforderlich. In diesem Fall ist das Anschlußkabel direkt an den hochohmigen Eingang des Oszilloskops angepaßt. Mit Taster werden auch hochohmige Spannungsquellen nur geringfügig belastet (ca. $10M\Omega \parallel 16pF$ bzw. $100M\Omega \parallel 9pF$ bei HZ53). Deshalb sollte, wenn der durch den Taster 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 Vertikalverstärkers dar. Infolge der getrennten Fertigung sind alle Taster nur vorabgeglichen; daher muß ein genauer Abgleich am Oszilloskop vorgenommen werden (siehe „Tastkopf-Abgleich“, Seite M 8).

Standard-Taster am Oszilloskop verringern mehr oder weniger dessen Bandbreite und erhöhen die Anstiegszeit. In allen Fällen, bei denen die Oszilloskop-Bandbreite voll genutzt werden muß (z.B. für Impulse mit steilen Flanken), raten wir dringend dazu, die **Modularen Tastköpfe HZ51** (10:1), **HZ52** (10:1 HF) und **HZ54** (1:1 und 10:1) zu benutzen (siehe OSCILLOSCOPE-Zubehör Z1). Das erspart u.U. die Anschaffung eines Oszilloskops mit größerer Bandbreite und hat den Vorteil, daß defekte Einzelteile bei HAMEG bestellt und selbst ausgewechselt werden können. Die genannten Tastköpfe haben zusätzlich zur niederfrequenten Kompensationseinstellung einen HF-Abgleich. Damit ist mit Hilfe eines auf 1MHz umschaltbaren Calibrators, z.B. HZ60, eine Gruppenlaufzeitkorrektur an der oberen Grenzfrequenz des Oszilloskops möglich. Tatsächlich werden mit diesen Tastkopf-Typen Bandbreite und Anstiegszeit des HM1007 kaum merklich geändert und die Kurvenform-Wiedergabetreue u.U. sogar noch verbessert, weil eine Anpassung an die individuelle Rechteckwiedergabe des Oszilloskops möglich ist.

Wenn ein Taster 10:1 oder 100:1 verwendet wird, muß bei Spannungen über 400V immer DC-Eingangskopplung benutzt werden. Bei AC-Kopplung tieffrequenter Signale ist die Teilung nicht mehr frequenzunabhängig, Impulse können Dachschräge zeigen, Gleichspannungen werden unterdrückt belasten aber den betreffenden Oszilloskop-Eingangskopplungskondensator. Dessen Spannungsfestigkeit ist max. 400V (DC + Spitze AC). Ganz besonders wichtig ist deshalb die **DC-Eingangskopplung** bei einem Taster 100:1, der meist eine zulässige Spannungsfestigkeit von max. 1200V (DC + Spitze AC) hat. Zur Unterdrückung störender Gleichspannung darf aber ein **Kondensator** entsprechender Kapazität und Spannungsfestigkeit **vor den Tasterereingang** geschaltet werden (z.B. zur Brummspannungsmessung).

Bei allen Tastteilern ist die **zulässige Eingangsspannung** oberhalb von 20kHz **frequenzabhängig begrenzt**. Deshalb muß die „Derating Curve“ des betreffenden Tasterlertyps beachtet werden.

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. Beim Anschluß des Taster-Kopfes an eine BNC-Buchse sollte ein BNC-Adapter benutzt werden, der oft als Taster-Zubehör mitgeliefert wird. Damit werden Masse- und Anpassungsprobleme eliminiert.

Das Auftreten merklicher Brumm- oder Störspannungen im Meßkreis (speziell bei einem kleinen Ablenkkoeffizienten) 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 mit Störschutzkondensatoren).

Tastkopf-Abgleich und Anwendung

Damit der verwendete Taster die Form des Signals unverfälscht wiedergibt, muß er genau an die Eingangsimpedanz des Vertikalverstärkers angepaßt werden. Ein im HM1007 eingebauter umschaltbarer Generator liefert hierzu ein Rechtecksignal mit sehr kurzer Anstiegszeit (5ns) und der Frequenz ca. 1kHz oder ca. 1MHz, die durch Tastendruck gewählt werden kann. Das Rechtecksignal kann den beiden konzentrischen Buchsen unterhalb des Bildschirms entnommen werden. Eine Buchse liefert **0.2V_{ss} ±1%** für Taster 10:1, die andere **2V_{ss} ±1%** für Taster 100:1.

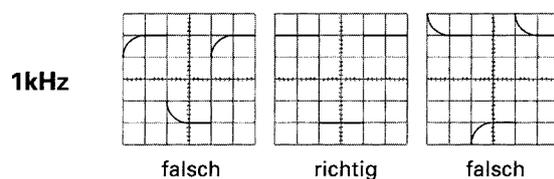
Diese Spannungen entsprechen jeweils der Bildschirmamplitude von **4cm Höhe**, wenn der Eingangsteilerschalter

des HM1007 auf den Ablenkkoeffizienten **5mV/cm** eingestellt ist. Der Innendurchmesser der Buchsen ist 4,9mm und entspricht direkt dem (an Masse liegenden) Außendurchmesser des Abschirmrohres von modernen **Modularen Tastköpfen** und Tastköpfen der **Serie F** (international vereinheitlicht). Nur hierdurch ist eine extrem kurze Masseverbindung möglich, die für hohe Signalfrequenzen und eine unverfälschte Kurvenform-Wiedergabe von nicht-sinusförmigen Signalen Voraussetzung ist.

Abgleich 1kHz

Dieser C-Trimmerabgleich kompensiert die kapazitive Belastung des Oszilloskop-Eingangs (ca. 25pF beim HM1007). Durch den Abgleich bekommt die kapazitive Teilung dasselbe Teilverhältnis wie der ohmsche Spannungsteiler. Dann ergibt sich bei hohen und niedrigen Frequenzen dieselbe Spannungsteilung wie für Gleichspannung. (Für Tastköpfe 1:1 oder auf 1:1 umgeschaltete Tastköpfe ist dieser Abgleich weder nötig noch möglich.) Voraussetzung für den Abgleich ist die Parallelität der Strahllinie mit den horizontalen Rasterlinien (siehe „Strahldrehung“).

Taster (Typ HZ51, 52, 54 oder auch HZ36) an den **CH-I** Eingang anschließen, keine Taste drücken, Eingangskopplung auf **DC** stellen, Eingangsteiler auf **5mV/cm** und **TIME/DIV**-Schalter auf **0.2ms/cm** schalten (beide Feinregler in Calibrationsstellung **CAL.**), Tastkopf (ohne Federhaken) in die entsprechende **CAL**-Buchse einstecken (Teiler 10:1 in Buchse **0.2V**, 100:1 in Buchse **2V**).



Auf dem Bildschirm sind 2 Wellenzüge zu sehen. Nun ist der Kompensationstrimmer abzugleichen. Er befindet sich im allgemeinen im Tastkopf selbst. Beim 100:1 Taster befindet er sich im Kästchen am BNC-Stecker. Mit dem beigegebenen Isolierschraubenzieher ist der Trimmer abzugleichen, bis die oberen Dächer des Rechtecksignals exakt parallel zu den horizontalen Rasterlinien stehen (siehe Bild 1kHz). Dann sollte die Signalthöhe $4\text{cm} \pm 1,2\text{mm}$ ($\approx 3\%$) sein. Die Signalfanken sind in dieser Einstellung unsichtbar.

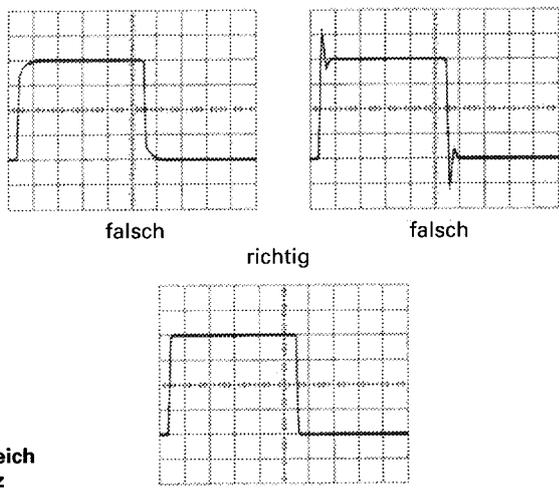
Abgleich 1MHz

Ein HF-Abgleich ist bei den Tastköpfen HZ51, 52 und HZ54 möglich. Diese besitzen Resonanz-Entzerrungsglieder (R-Trimmer in Kombination mit Spulen und Kondensatoren), mit denen es erstmals möglich ist, den Tastkopf auf einfachste Weise im Bereich der oberen Grenzfrequenz des Vertikalverstärkers optimal abzugleichen. Nach diesem Abgleich erhält man nicht nur die maximal mögliche Bandbreite im Tasterbetrieb, sondern auch eine weitgehend konstante Gruppenlaufzeit am Bereichsende. Da-

durch werden Einschwingverzerrungen (wie Überschwingen, Abrundung, Nachschwingen, Löcher oder Höcker im Dach) in der Nähe der Anstiegsflanke auf ein Minimum begrenzt. Die Bandbreite des HM1007 wird also bei Benutzung der Tastköpfe HZ51, 52 und 54 ohne Inkaufnahme von Kurvenformverzerrungen voll genutzt. Voraussetzung für diesen HF-Abgleich ist ein Rechteckgenerator mit kleiner Anstiegszeit (typisch 4ns) und niederohmigen Ausgang (ca. 50Ω), der mit einer Frequenz von 1MHz ebenfalls eine Spannung von 0,2V bzw. 2V abgibt. Der Kalibratorausgang des HM1007 erfüllt diese Bedingungen, wenn die Taste **1MHz** gedrückt ist.

Tastköpfe des Typs HZ51, 52 oder 54 an den **CH.I**-Eingang anschließen, nur Kalibrator-Taste **1MHz** drücken, Eingangskopplung auf **DC**, Eingangsteiler auf **5mV/cm** und **TIME/DIV**-Schalter auf **0.1µs/cm** stellen (beide Feinregler in Kalibrationsstellung **CAL.**). Tastkopf in Buchse **0.2V** einstecken. Auf dem Bildschirm ist ein Wellenzug zu sehen, dessen Rechteckflanken jetzt auch sichtbar sind. Nun wird der HF-Abgleich durchgeführt. Dabei sollte man die Anstiegsflanke und die obere linke Impuls-Dachecke beachten. Ist keine Öffnung mit Einstellmöglichkeit auf der hinter dem BNC-Stecker des Tasterdivers befindlichen Isolierkappe erkennbar, so ist diese abzunehmen.

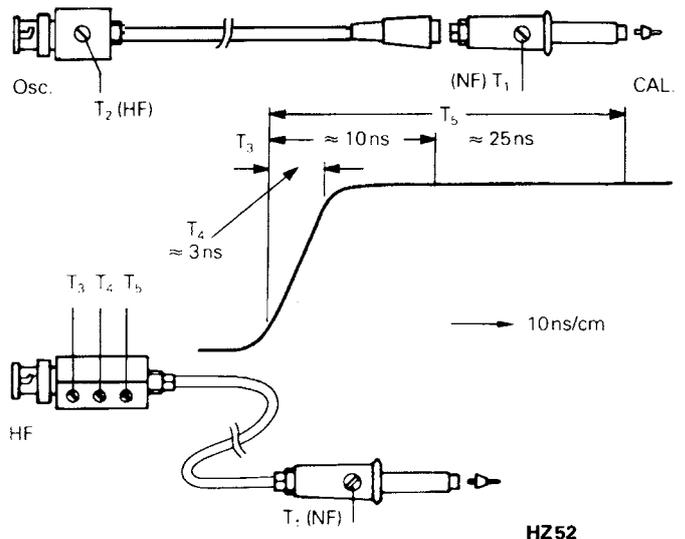
Im Kästchen hinter dem BNC-Stecker sieht man bei den Typen HZ51 und HZ54 je eine Trimmer-Schlitzschraube, beim Typ HZ52 aber 3 Schlitzschrauben. Damit ist der obere linke Dachanfang so gerade wie möglich einzustellen. Weder Überschwingen noch Abrundung sind zulässig. Für HZ51 und 54 ist das ganz einfach, beim 10:1 HF-Tastkopf HZ52 mit 3 Trimmern etwas schwieriger. Dafür bietet sich hier die Möglichkeit, die Anstiegsflankensteilheit zu beeinflussen und Löcher und/oder Höcker im Impulsdach direkt neben der Anstiegsflanke zu begradigen. Die Anstiegsflanke soll so steil wie möglich, das Dach aber dabei so geradlinig wie möglich sein. Der HF-Abgleich wird dadurch erleichtert, daß die 3 Trimmer je einen definierten Einflußbereich aufweisen (siehe folgende Zeichnungen).



Abgleich 1MHz

Abgleichpunkte der Tastköpfe

HZ51, HZ54



- T₃**: Einfluß auf die mittleren Frequenzen
- T₄**: Einfluß auf die Anstiegsflanke
- T₅**: Einfluß auf die tieferen Frequenzen

HZ52

Nach beendetem HF-Abgleich ist auch bei 1MHz die Signalhöhe am Bildschirm zu kontrollieren. Sie soll denselben Wert haben wie oben beim 1kHz-Abgleich angegeben. Dann kann die Isolierkappe am BNC-Stecker wieder aufgesetzt werden.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Reihenfolge - erst 1kHz-, dann 1MHz-Abgleich einzuhalten ist, aber nicht wiederholt werden muß, und daß die Kalibrator-Frequenzen 1kHz und 1MHz nicht zur Zeit-Eichung verwendet werden können. Ferner weicht das Tastverhältnis vom Wert 1:1 ab. Voraussetzung für einen einfachen und exakten Tasterdiverabgleich (oder eine Ablenkoeffizientenkontrolle) sind horizontale Impulsdächer, kalibrierte Impulshöhe und Nullpotential am negativen Impulsdach. Frequenz und Tastverhältnis sind dabei nicht kritisch.

Betriebsarten der Vertikalverstärker

Die gewünschte Betriebsart der Vertikalverstärker wird mit den 3 Tasten (CHI/II, DUAL, ADD) im Y-Feld gewählt. Bei **Mono**-Betrieb stehen alle heraus. Dann ist nur **Kanal I** betriebsbereit.

Bei **Mono**-Betrieb mit **Kanal II** ist die Taste **CH I/II** zu drücken. Diese Taste trägt unten die Bezeichnung **TRIG. I/II**, weil damit gleichzeitig die Kanalumschaltung der internen Triggerrichtung erfolgt.

Wird die Taste **DUAL** gedrückt, arbeiten beide Kanäle. Bei dieser Tastenstellung erfolgt im Analog-Betrieb die Aufzeichnung zweier Vorgänge nacheinander (alternate mode). Die Signaltbilder aus beiden Kanälen werden zwar nur

abwechselnd einzeln dargestellt, sind aber bei schneller Zeitablenkung scheinbar beide gleichzeitig sichtbar. Für das Oszilloskopieren langsam verlaufender Vorgänge mit Zeitkoeffizienten $\geq 1\text{ms/cm}$ ist diese Betriebsart nicht geeignet. Das Schirmbild flimmert dann zu stark, oder es scheint zu springen. Drückt man noch die Taste **CHOP**, werden beide Kanäle innerhalb einer Ablenkperiode mit einer hohen Frequenz ständig umgeschaltet (chop mode). Auch langsam verlaufende Vorgänge werden dann flimmerfrei aufgezeichnet. Für Oszillogramme mit höherer Folgefrequenz ist die Art der Kanalschaltung weniger wichtig.

Ist nur die Taste **ADD** gedrückt, werden die Signale beider Kanäle algebraisch addiert bzw. subtrahiert. ($I \pm II$). Beide Kanäle können unabhängig voneinander invertiert werden ($\pm I$ sowie $\pm II$). Ob sich hierbei die **Summe** oder die **Differenz** der Signalspannungen ergibt, hängt von der Phasenlage bzw. Polung der Signale selbst **und** von den Stellungen der **INVERT**-Tasten ab.

Gleichphasige Eingangsspannungen:

Keine INVERT-Taste gedrückt = Summe

Eine INVERT-Taste gedrückt = Differenz

Gegenphasige Signalspannungen:

Keine INVERT-Taste gedrückt = Differenz

Eine INVERT-Taste gedrückt = Summe

In der **ADD**-Betriebsart ist die vertikale Strahllage von der **Y-POS**-Einstellung beider Kanäle abhängig; auch die Einstellpositionen der **Y-POS**-Einsteller werden addiert. Das ist insbesondere beim Addieren bzw. Subtrahieren von Gleichspannungen zu beachten, wenn die 0-Volt Strahlposition definiert werden soll. Befinden sich beide Strahlen in der mittleren Vertikal-Position, und wird auf **ADD** geschaltet, bleibt diese Position in etwa erhalten. Weichen die Strahlpositionen symmetrisch von der mittleren Position ab (z.B. Strahl I 3DIV. oberhalb (+3) und Strahl II 3DIV. unterhalb (-3)) ergibt sich bei ADD die mittlere Position. Würden beide Strahlen um -3DIV von der Mitte abweichen, ergäbe sich bei ADD die Position -6, und der Strahl befände sich (nicht mehr sichtbar) 2DIV. unterhalb der untersten Rasterlinie. Sinngemäß verhält es sich bei positiven Mittenabweichungen. Für die Y-Positionseinsteller wirkt sich die Invertierung nicht aus.

Signalspannungen zwischen zwei hochliegenden Schaltungspunkten werden oft im **Differenzbetrieb** beider Kanäle gemessen. Als Spannungsabfall an einem bekannten Widerstand lassen sich so auch Ströme zwischen zwei hochliegenden Schaltungsteilen bestimmen. Allgemein gilt, daß bei der Darstellung von Differenzsignalen die Entnahme der beiden Signalspannungen nur mit geeigneten Tastteilern absolut gleicher Impedanz und Teilung erfolgen darf. Der 100:1 Tastteiler HZ53 ist für die meisten dieser

Anwendungen besonders zu empfehlen. Für manche Differenzmessungen ist es vorteilhaft, die Massekabel beider Tastteile nicht mit dem Meßobjekt zu verbinden. Hierdurch können eventuelle Brumm- oder Gleichtaktstörungen verringert werden. Die Massekabel (Meßbezugspotential) sind bei ordnungsgemäßem und sicherheitstechnisch einwandfreiem Betrieb immer galvanisch mit dem Schutzleiter verbunden!

XY-Betrieb

Für **XY-Betrieb** wird die Taste **X-Y** im X-Feld betätigt. Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf den Analogbetrieb. Im Digitalbetrieb gegebene Unterschiede werden im Kapitel „Bedienelemente des Speicherteils und ihre Funktion“ beschrieben.

Das X-Signal wird über den Eingang von **Kanal II** zugeführt. **Eingangsteiler und Feinregler von Kanal II werden im XY-Betrieb für die Amplitudeneinstellung in X-Richtung benutzt.** Zur horizontalen Positionseinstellung ist aber der **X-POS**-Regler zu benutzen. Der Y-Positionsregler von Kanal II ist im XY-Betrieb abgeschaltet. Max. Empfindlichkeit und Eingangsimpedanz sind nun in beiden Ablenkrichtungen gleich. Die Taste **X-MAG. x10** ist daher unwirksam.

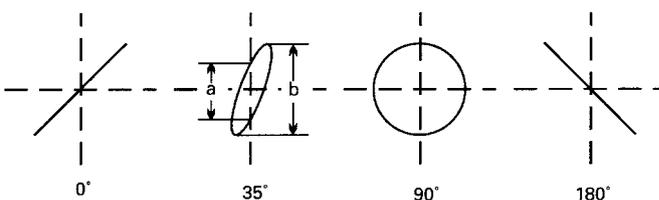
Die Grenzfrequenz in X-Richtung ist ca. 2,5 MHz (-3dB). Jedoch ist zu beachten, daß schon ab 50 kHz zwischen X und Y eine merkliche, nach höheren Frequenzen ständig zunehmende Phasendifferenz auftritt. Eine Umpolung des X-Signals mit der **INVERT**-Taste von Kanal II ist im Analogbetrieb nicht möglich!

Der **XY-Betrieb mit Lissajous-Figuren** erleichtert oder ermöglicht gewisse Meßaufgaben:

- Vergleich zweier Signale unterschiedlicher Frequenz oder Nachziehen der einen Frequenz auf die Frequenz des anderen Signals bis zur Synchronisation. Das gilt auch noch für ganzzahlige Vielfache oder Teile der einen Signalfrequenz.
- Phasenvergleich zwischen zwei Signalen gleicher Frequenz.

Phasenvergleich mit Lissajous-Figur

Die folgenden Bilder zeigen zwei Sinus-Signale gleicher Frequenz und Amplitude mit unterschiedlichen Phasenwinkeln.



Die Berechnung des Phasenwinkels oder der Phasenverschiebung zwischen den X- und Y-Eingangsspannungen

(nach Messung der Strecken **a** und **b** am Bildschirm) ist mit den folgenden Formeln und einem Taschenrechner mit Winkelfunktionen ganz einfach und übrigens **unabhängig von den Ablenkamplituden** auf dem Bildschirm.

$$\sin \varphi = \frac{a}{b}$$

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \left(\frac{a}{b}\right)^2}$$

$$\varphi = \arcsin \frac{a}{b}$$

Hierbei muß beachtet werden:

- Wegen der Periodizität der Winkelfunktionen sollte die rechnerische Auswertung auf Winkel $\leq 90^\circ$ begrenzt werden. Gerade hier liegen die Vorteile der Methode.
- Keine zu hohe Meßfrequenz benutzen. Oberhalb 120kHz kann die gegenseitige Phasenverschiebung der beiden Oszilloskop-Verstärker des HM1007 im XY-Betrieb einen Winkel von 3° überschreiten.
- Aus dem Schirmbild ist nicht ohne weiteres ersichtlich, ob die Testspannung gegenüber der Bezugsspannung vor- oder nachhinkt. Hier kann ein CR-Glied vor dem Testspannungseingang des Oszilloskops helfen. Als R kann gleich der $1M\Omega$ -Eingangswiderstand dienen, so daß nur ein passender Kondensator C vorzuschalten ist. Vergrößert sich die Öffnungsweite der Ellipse (gegenüber kurzgeschlossenem C), dann eilt die Testspannung vor und umgekehrt. Das gilt aber nur im Bereich bis 90° Phasenverschiebung. Deshalb sollte C genügend groß sein und nur eine relativ kleine, gerade gut beobachtbare Phasenverschiebung bewirken.

Falls im XY-Betrieb beide Eingangsspannungen fehlen oder ausfallen, wird ein sehr heller Leuchtpunkt auf dem Bildschirm abgebildet. Bei zu hoher Helligkeits-einstellung (INTENS.-Knopf) kann dieser Punkt in die Leuchtschicht einbrennen, was entweder einen bleibenden Helligkeitsverlust oder, im Extremfall, eine vollständige Zerstörung der Leuchtschicht an diesem Punkt verursacht.

Phasendifferenz-Messung im Zweikanal-Betrieb

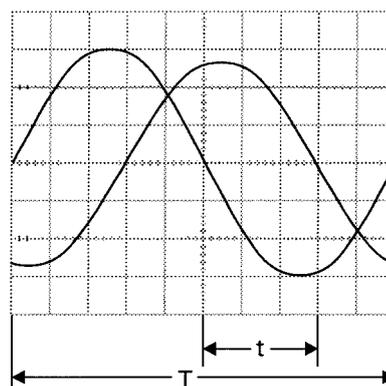
Eine größere Phasendifferenz zwischen zwei Eingangssignalen gleicher Frequenz und Form läßt sich sehr einfach im Zweikanalbetrieb (Taste **DUAL** gedrückt) am Bildschirm messen. Die Zeitablenkung wird dabei von dem Signal getriggert, das als Bezug (Phasenlage 0) dient. Das andere Signal kann dann einen vor- oder nachhinkenden Phasenwinkel haben. Für Frequenzen $\geq 1\text{kHz}$ wird alternierende Kanalumschaltung gewählt; für Frequenzen $< 1\text{kHz}$ ist der Chopper-Betrieb geeigneter (weniger Flackern). Die Ablesegenauigkeit wird hoch, wenn auf dem Schirm nicht viel mehr als eine Periode und etwa gleiche Bildhöhe

beider Signale eingestellt wird. Zu dieser Einstellung können ohne Einfluß auf das Ergebnis auch die Feinregler für Amplitude und Zeitablenkung und der **LEVEL**-Knopf benutzt werden. Beide Zeitlinien werden vor der Messung mit den **Y-POS.**-Knöpfen auf die horizontale Raster-Mittellinie eingestellt. Bei sinusförmigen Signalen beobachtet man die Nulldurchgänge; die Sinuskuppen sind weniger genau. Ist ein Sinussignal durch geradzahlige Harmonische merklich verzerrt (Halbwellen nicht spiegelbildlich zur X-Achse) oder wenn eine Offset-Gleichspannung vorhanden ist, empfiehlt sich **AC**-Kopplung für **beide** Kanäle. Handelt es sich um Impulssignale gleicher Form, liest man ab an steilen Flanken.

Phasendifferenzmessung im Zweikanalbetrieb

t = Horizontalabstand der Nulldurchgänge in cm.
T = Horizontalabstand für eine Periode in cm.
 Im Bildbeispiel ist **t** = 3cm und **T** = 10cm. Daraus errechnet sich eine Phasendifferenz in Winkelgraden von

$$\varphi^\circ = \frac{t}{T} \cdot 360^\circ = \frac{3}{10} \cdot 360^\circ = 108^\circ$$



oder in Bogengrad ausgedrückt

$$\text{arc } \varphi^\circ = \frac{t}{T} \cdot 2\pi = \frac{3}{10} \cdot 2\pi = 1,885 \text{ rad}$$

Relativ kleine Phasenwinkel bei nicht zu hohen Frequenzen lassen sich genauer im XY-Betrieb mit Lissajous-Figur messen.

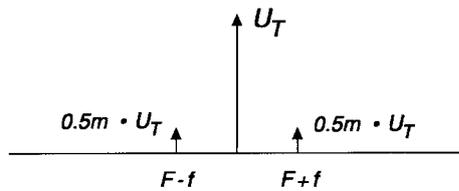
Messung einer Amplitudenmodulation

Die momentane Amplitude **u** im Zeitpunkt **t** einer HF-Träger-spannung, die durch eine sinusförmige NF-Spannung unverzerrt amplitudenmoduliert ist, folgt der Gleichung

$$u = U_T \cdot \sin \Omega t + 0,5m \cdot U_T \cdot \cos(\Omega - \omega)t - 0,5m \cdot U_T \cdot \cos(\Omega + \omega)t$$

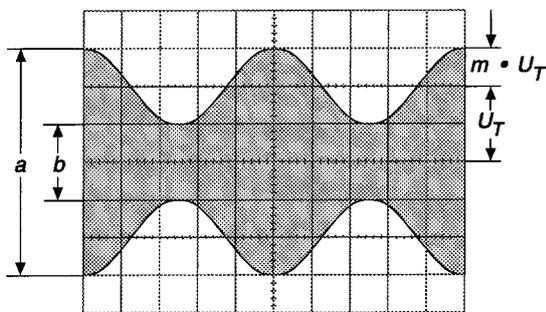
- Hierin ist **U_T** = unmodulierte Trägeramplitude,
- Ω** = **2πF** = Träger-Kreisfrequenz,
- ω** = **2πf** = Modulationskreisfrequenz,
- m** = Modulationsgrad (i.a. $\leq 1 \hat{=} 100\%$).

Neben der Trägerfrequenz **F** entstehen durch die Modulation die untere Seitenfrequenz **F-f** und die obere Seitenfrequenz **F+f**.



Figur 1
Spektrumsamplituden und -frequenzen bei AM ($m = 50\%$)

Das Bild der amplitudenmodulierten HF-Schwingung kann mit dem Oszilloskop sichtbar gemacht und ausgewertet werden, wenn das Frequenzspektrum innerhalb der Oszilloskop-Bandbreite liegt. Die Zeitbasis wird so eingestellt, daß mehrere Wellenzüge der Modulationsfrequenz sichtbar sind. Genau genommen sollte mit Modulationsfrequenz (vom NF-Generator oder einem Demodulator) extern getriggert werden. Interne Triggerung ist aber oft möglich mit Normaltriggerung unter Zuhilfenahme des Zeit-Feinstellers.



Figur 2
Amplitudenmodulierte Schwingung: $F = 1\text{MHz}$; $f = 1\text{kHz}$;
 $m = 50\%$; $U_T = 28,3\text{mV}_{\text{eff}}$

Oszilloskop-Einstellung für ein Signal entsprechend Figur 2:
Keine Taste drücken. **Y: CH. I; 20mV/cm; AC.**
TIME/DIV.: 0.2ms/cm.
Triggerung: **NORMAL; AC;** int. mit Zeit-Feinsteller
(oder externe Triggerung).

Liest man die beiden Werte **a** und **b** vom Bildschirm ab, so errechnet sich der Modulationsgrad aus

$$m = \frac{a-b}{a+b} \text{ bzw. } m = \frac{a-b}{a+b} \cdot 100 [\%]$$

Hierin ist $a = U_T (1+m)$ und $b = U_T (1-m)$.

Bei der Modulationsgradmessung können die Feinstellknöpfe für Amplitude und Zeit beliebig verstellt sein. Ihre Stellung geht nicht in das Ergebnis ein.

Triggerung und Zeitablenkung

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 möglich durch das Meßsignal selbst oder eine extern zugeführte, aber ebenfalls synchrone Signalspannung.

Die Triggerspannung muß eine gewisse Mindestamplitude haben, damit die Triggerung überhaupt einsetzt. Diesen Wert nennt man Triggerschwelle. Sie wird mit einem Sinussignal bestimmt. Wird die Triggerspannung intern dem Meßsignal entnommen, kann als Triggerschwelle die vertikale Bildschirmhöhe in mm angegeben werden, bei der die Triggerung gerade einsetzt, das Signalbild stabil steht und die TRIG.-Lampe zu leuchten beginnt.

Die interne Triggerschwelle beim HM 1007 ist mit $\leq 5\text{mm}$ spezifiziert. Wird die Triggerspannung extern zugeführt, ist sie an der TRIG. INP.-Buchse in V_{ss} zu messen. In gewissen Grenzen kann die Triggerspannung viel höher sein als an der Triggerschwelle. Im allgemeinen sollte der 20fache Wert nicht überschritten werden.

Der HM1007 hat zwei Trigger-Betriebsarten, die nachstehend beschrieben werden.

Automatische Spitzenwert-Triggerung

Steht die Taste **AUTO/NORM** ungedrückt in Stellung **AUTO** (Automatic Triggering), wird die Zeitablenkung, auch ohne angelegte Meßspannung oder externe Triggerspannung, periodisch ausgelöst. 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. Die **LEVEL**-Einstellung ist bei automatischer Spitzenwert-Triggerung wirksam. Der LEVEL-Einstellbereich stellt sich automatisch auf die Spitze-Spitze-Amplitude des gerade angelegten Signals ein und wird damit unabhängiger von Signal-Amplitude und -Form. Beispielsweise darf ohne Ausfall der Triggerung das Tastverhältnis einer Rechteckspannung von 1:1 auf 100:1 geändert werden. Dabei kann es allerdings passieren, daß der LEVEL-Einsteller fast an den Anschlag gestellt wird. Bei der nächsten Messung kann es erforderlich werden, den LEVEL auf Bereichsmitte zu stellen.

Die Einfachheit der Bedienung empfiehlt die automatische Spitzenwert-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 falls erforderlich der Übergang auf Normaltriggerung erfolgen.

Die automatische Triggerung arbeitet oberhalb von **10Hz bis 130MHz**. Der Übergang bis zum Aussetzen der automatischen Triggerung bei Frequenzen unter 10Hz ist unvermittelt, kann aber nicht mit Hilfe der Trigger-Anzeige (TR-LED) beurteilt werden, weil diese weiter aufblitzt. Das Aussetzen der Triggerung erkennt man am besten am

linken Schirmrand (Strahleinsatz dann mit wechselnder Y-Position).

Die automatische Spitzenwert-Triggerung (AUTO) folgt oberhalb 10Hz allen Änderungen oder Schwankungen des Meßsignals sofort und ist sowohl bei interner wie bei externer Triggerung anwendbar.

Normaltriggerung

Mit Normaltriggerung (gedrückte Taste **AUTO/NORM**) und passender **LEVEL**-Einstellung kann die Auslösung bzw. Triggerung der Zeitablenkung an jeder Stelle einer Signalfanke erfolgen. Die Einstellbarkeit des Triggerpunkts auf dem Signal ist abhängig von der Amplitude des Triggersignals. Ist bei interner Triggerung die Bildhöhe kleiner als 1cm, erfordert die LEVEL-Einstellung wegen des kleinen Fangbereichs etwas Feingefühl.

Bei Normaltriggerung und falscher LEVEL-Einstellung erfolgt keine Strahldarstellung.

Im Speicherbetrieb bleibt die Darstellung des letzten Einlesevorgangs erhalten.

ACHTUNG: Bei eingeschalteter Trigger-LEVEL-Anzeige erfolgt die ungetriggerte Darstellung des Kanals, von dem das interne Triggersignal stammt.

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.

Weitere Hilfsmittel zur Triggerung sehr schwieriger Signale sind der Zeit-Feinstellknopf und die HOLD OFF-Zeiteinstellung, die weiter unten besprochen wird.

Flankenrichtung (SLOPE)

Die Triggerung kann bei automatischer und bei Normaltriggerung wahlweise mit einer steigenden oder einer fallenden Triggerspannungsflanke einsetzen. Die gewählte Flankenrichtung (slope) ist mit der Taste +/- einstellbar. Das Pluszeichen (ungedrückte Taste) bedeutet eine Flanke, die vom negativen Potential kommend zum positiven Potential ansteigt. Das hat mit Null- oder Massepotential und absoluten Spannungswerten nichts zu tun. Die positive Flankenrichtung kann auch im negativen Teil einer Signalkurve liegen. Eine fallende Flanke (Minuszeichen) löst die Triggerung sinngemäß aus, wenn die Taste +/- gedrückt ist.

Triggerkopplung

Die Ankopplungsart und dementsprechend der Frequenzbereich des Triggersignals kann mit der **TRIG. SEL.**-Drucktaste gewählt werden.

Links von der Taste befindet sich ein Anzeigenfeld. Die mit **TR** gekennzeichnete oberste Anzeige signalisiert, daß die

Triggerbedingungen erfüllt sind (s. Trigger-Anzeige).

Außerdem leuchtet eine der darunter befindlichen Anzeigen auf und zeigt die Triggerkopplungsart an. Mit einem kurzen Tastendruck wird auf die nächstuntere Anzeige und die ihr entsprechende Triggerkopplungsart umgeschaltet. Die Schaltfolge ist: AC, DC, HF, LF, ~, TV, AC etc..

Wird die TRIG. SEL.-Drucktaste etwas länger gedrückt, springt die Anzeige direkt auf AC(-Kopplung) zurück.

Bei der Wahl der Triggerkopplung ist zu beachten, daß die Trigger-LEVEL-Anzeige nur bei DC-Triggerkopplung den richtigen Bezug zum Meßsignal hat.

AC:

Triggerbereich **≥ 10Hz bis 40MHz**.

Dies ist die am häufigsten zum Triggern benutzte Kopplungsart. Unterhalb 10Hz steigt die Triggerschwelle zunehmend an.

DC:

Triggerbereich **0 bis 40MHz**.

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 muß immer mit Normaltriggerung und LEVEL-Einstellung gearbeitet werden.

HF:

Triggerbereich **30Hz bis 130MHz** (Hochpaß).

Die HF-Kopplung ist für alle hochfrequenten Signale günstig. Gleichspannungsanteile bzw. -schwankungen werden unterdrückt, was sich günstig auf die Bildstabilität auswirkt. Unterhalb 30Hz verringert sich die Triggerempfindlichkeit stetig.

LF:

Triggerbereich **0 bis 1kHz** (Tiefpaß).

Die LF-Kopplung ist häufig für tieffrequente Signale besser geeignet als die DC-Kopplung, weil das (weiße) Rauschen in der Triggerspannung stark unterdrückt wird. Das vermeidet oder verringert im Grenzfall Jittern oder Doppelschreiben, insbesondere bei sehr kleinen Eingangsspannungen. Oberhalb 1kHz steigt die Triggerschwelle zunehmend an.

~ (Netztriggerung)

Leuchtet das ~-Symbol wird ein netzfrequentes Triggersignal (50-60Hz) genutzt. Diese Triggerart ist unabhängig von Amplitude und Frequenz des Y-Signals und 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 Signaldarstellung 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 der Flankenwahlschalter (**SLOPE**) unwirksam. Mit dem **LEVEL** Einsteller läßt sich der Triggerpunkt sowohl auf die ansteigende als auch auf die fallende Flanke einstellen.

Netzfrequente magnetische Einstreuungen in eine Schaltung können mit einer Spulensonde nach Richtung und Amplitude untersucht werden. Die Spule sollte zweckmäßig mit möglichst vielen Windungen dünnen Lackdrahtes auf einen kleinen Spulenkörper gewickelt und über ein geschirmtes Kabel an einen BNC-Stecker (für den Oszilloskop-Eingang) angeschlossen werden. Zwischen Stecker- und Kabel-Innenleiter ist ein kleiner Widerstand von mindestens 100Ω einzubauen (Hochfrequenz-Entkopplung). Es kann zweckmäßig sein, auch die Spule außen statisch abzuschirmen, wobei keine Kurzschlußwindungen auftreten dürfen. Durch Drehen der Spule in zwei Achsrichtungen lassen sich Maximum und Minimum am Meßort feststellen.

TV (Videosignal-Triggerung)

Der eingebaute aktive **TV-Sync-Separator** trennt die Synchronimpulse vom Bildinhalt und ermöglicht sogar noch die Darstellung verrauschter, gestörter oder in der Amplitude schwankender Videosignale.

Zur Synchronimpuls-Triggerung von FBAS (Farb-Bild-Austast-Synchron-Signal) bzw. BAS-Signalen ist mit dem **TRIG. SEL.**-Drucktaster auf **TV**-Triggerung zu schalten. Bei richtiger Einstellung des Flankenrichtungsschalters (**SLOPE +/-**) werden die Synchronimpulse vom Bildinhalt getrennt und so aufbereitet, daß nur die Synchronimpulse die Triggerung auslösen. Die dabei erforderliche Integration der $\frac{1}{2}$ Zeile langen Impulse verhindert, daß alle Synchronimpulse sichtbar sind. Liegen die Synchronimpulse am Meßobjekt oberhalb des Bildinhalts, muß sich der Flankenrichtungsschalter **SLOPE +/-** in Stellung + (ungeedrückt) befinden, da die Flankenrichtung der Vorderflanke des Synchronimpulses maßgebend ist.

Mit Synchronimpulsen unterhalb des Bildinhalts ist die Vorderflanke negativ gerichtet; somit ist auf **SLOPE -** (gedrückt) zu schalten. Eine falsch gewählte Lage des Synchronimpulses ergibt eine un stabile (Bildinhalt abhängige) Darstellung. Das läßt sich auch durch Drücken der **INVERT**-Taste im Y-Feld nicht ändern; das interne TV-Triggerungssignal hat immer die Polarität des Eingangssignals. Ein anderer Auskoppelpunkt in der Schaltung des Fernsehgerätes oder Videorecorders kann jedoch evtl. eine andere Polaritätseinstellung des **SLOPE (+/-)**-Schalters erfordern. Die Bildsynchronimpuls-Triggerung erfolgt im Automatik-

betrieb. Die interne Triggerung ist praktisch ganz unabhängig von der Signalthöhe am Bildschirm, die zwischen 8 und 80mm liegen oder schwanken kann.

Bei automatischer (**AUTO**) TV-Triggerung kann mit dem **LEVEL**-Einsteller zwischen Bild- und Zeilen-Synchronimpuls-Triggerung gewählt werden.

Rechtsanschlag = Bildsynchronimpulse.

Linksanschlag = Zeilensynchronimpulse.

Es ist ein dem Meßzweck entsprechender Zeitkoeffizient am TIME/DIV.-Schalter zu wählen. In der 2ms/Div.-Stellung ist ein vollständiges Halbbild und der aus Halbzeilen zusammengesetzte Bildsynchronimpuls für das nächste Halbbild sichtbar. Der diesem nicht dargestellten Halbbild folgende Bildsynchronimpuls, löst erneut die Triggerung und damit die Darstellung des ihm folgenden Halbbilds aus. Der Hold Off Einsteller muß sich unter diesen Bedingungen in Stellung x1 befinden.

Unterbricht man die Triggerung (z.B. durch kurzes Drücken und Auslösen der Taste EXT.), kann auch auf das andere Halbbild getriggert werden.

Die Sync-Separator-Schaltung wirkt ebenso bei externer Triggerung. Selbstverständlich muß der Spannungsbereich ($0,1V_{ss}$ bis $2V_{ss}$) für die externe Triggerung eingehalten werden. Ferner ist darauf zu achten, daß die richtige, dem externen Triggersignal entsprechende Flankenrichtung gewählt wurde. Beides kann leicht kontrolliert werden, wenn die externe Triggerspannung selbst erst einmal (bei interner Triggerung) dargestellt wird.

Abhängig vom Meßpunkt kann das Videosignal einer hohen Gleichspannung überlagert sein. Bei konstantem Bildinhalt (z.B. Testbild oder Farbbalkengenerator) kann der Gleichspannungsanteil ohne weiteres durch AC-Eingangskopplung des Oszilloskop-Verstärkers unterdrückt werden. Bei wechselndem Bildinhalt (z.B. normales Programm) empfiehlt sich aber DC-Eingangskopplung, weil das Signalbild sich sonst mit jeder Bildinhaltänderung in seiner vertikalen Lage auf dem Bildschirm ändert. Mit dem Y-POS.-Knopf kann der Gleichspannungsanteil immer so kompensiert werden, daß das Signalbild in der Bildschirmrasterfläche liegt. Das komplette Videosignal darf dann bei DC-Kopplung eine vertikale Höhe von 6cm nicht überschreiten. Der Sync-Separator für die Aufbereitung des Triggersignals aus dem Videosignal ist an seinem Eingang immer AC-gekoppelt. Dies gilt für externe Triggerung ebenso wie für interne Triggerung. Eine DC-Kopplung würde hier nur nachteilig sein.

Bei der Triggerung mit Zeilensynchronimpulsen ist eine Zeitbasis-Einstellung im Bereich von $10\mu s/Div.$ empfehlenswert. Bei $10\mu s/Div.$ werden $1\frac{1}{2}$ Zeilen dargestellt.

Externe Triggerung

Durch Drücken der Taste EXT. wird die interne Triggerung abgeschaltet. Über die BNC-Buchse TRIG. INP. kann jetzt extern getriggert werden, wenn dafür eine Spannung von $0,1V_{ss}$ bis $2V_{ss}$ zur Verfügung steht, die synchron zum Meßsignal ist. Diese Triggerspannung darf durchaus eine völlig andere Kurvenform als das Meßsignal haben. Die Triggerung ist in gewissen Grenzen sogar mit ganzzahligen Vielfachen oder Teilen der Meßfrequenz möglich; Phasens Starrheit ist allerdings Bedingung.

Die Eingangsimpedanz der Buchse TRIG. INP. liegt bei etwa $1M\Omega \parallel 25pF$. Die maximale Eingangsspannung ist 100V (DC+Spitze AC). Zur einwandfreien externen Triggerung sollten aber nicht mehr als $2V_{ss}$ angelegt werden.

Bei externer Triggerung stehen alle Trigger-Kopplungsarten zur Verfügung.

Trigger-Anzeige

Sowohl bei **automatischer** wie auch bei **Normaltriggerung** wird der getriggerte Zustand der Zeitablenkung durch die mit **TR** gekennzeichnete Anzeige signalisiert. Sie befindet sich in der obersten Position des, links vom **TRIG. SEL.**-Drucktaster befindlichen, Anzeigefeldes.

Mit der Trigger-Anzeige wird eine feinfühligere **LEVEL**-Einstellung, besonders bei sehr niederfrequenten Signalen, erleichtert. Die die Triggeranzeige auslösenden Impulse werden etwa 100ms gespeichert. Bei Signalen mit extrem langsamer Wiederholrate ist daher das Aufleuchten der LED mehr oder weniger impulsartig. Außerdem blitzt die LED nicht nur beim Start der Zeitablenkung auf, sondern auch während eines Zeitablenkvorgangs, wenn in dieser Zeit zum Triggern geeignete Signale vorliegen.

Holdoff-Zeit-Einstellung

Wenn bei äußerst komplizierten Signalgemischen auch nach mehrmaligem gefühlvollen 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 kann die Sperrzeit der Triggerung zwischen zwei Zeitablenkperioden im Verhältnis 10:1 kontinuierlich vergrößert 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 Doppeldarstellung. Die zur Auswertung erforderliche stabile Einzeldarstellung des Signals ist aber durch die Vergrößerung der HOLD-OFF-Zeit leicht zu erreichen. Hierzu ist der HOLD-OFF-Knopf langsam nach rechts zu drehen, bis nur noch ein Signal abgebildet wird.

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 dieser Arbeit sollte der **HOLD-OFF**-Regler unbedingt wieder auf Linksanschlag zurückgedreht werden, weil sonst u.U. die Bildhelligkeit drastisch reduziert ist.

Die Arbeitsweise ist aus folgenden Abbildungen ersichtlich.

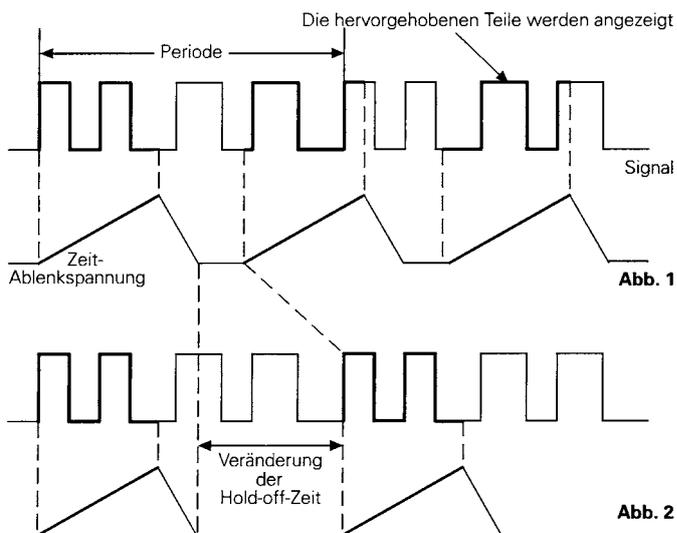


Abb. 1 zeigt das Schirmbild bei Linksanschlag (x1) des **HOLD-OFF**-Einstellknopfes (Grundstellung). Da verschiedene Teile des Kurvenzuges angezeigt werden, wird kein stehendes Bild dargestellt (Doppelschreiben).

Abb. 2: Hier ist die Hold-off-Zeit so eingestellt, daß immer die gleichen Teile des Kurvenzuges angezeigt werden. Es wird ein stehendes Bild dargestellt.

Trigger-LEVEL-Anzeige

Diese Anzeige ermöglicht es, den Triggerpunkt auf dem Bildschirm darzustellen. Damit wird die Spannung sichtbar, deren Unter- bzw. Überschreiten (**SLOPE**-abhängig) die Triggerung auslöst. Die Spannungshöhe ergibt sich aus dem Abstand zwischen der 0-Volt Strahllinie und dem Triggerpunkt, multipliziert mit dem eingestellten Ablenkoeffizienten und dem Tasteteilverhältnis. Bei **DUAL**-Betrieb bezieht sich die Trigger-

LEVEL-Anzeige immer auf den Kanal, der das Triggersignal zur Verfügung stellt; der andere Kanal wird dann nicht angezeigt. Den größten Nutzen bietet die Anzeige bei der Vorbereitung zur Einzelereigniserfassung (Speicherbetrieb). Es müssen aber bestimmte Bedingungen erfüllt sein.

Für eine einwandfreie Anzeige muß das Triggersignal direkt vom dargestellten Signal abgeleitet sein. Daher wird die **TLD** (Trigger-LEVEL-Display)-Anzeige nur bei interner Triggerung ermöglicht, da dabei das dargestellte Signal und das triggernde Signal in direkter Beziehung zueinander stehen. Die Trigger-LEVEL-Anzeige wird daher bei XY-Betrieb (erfolgt ungetriggert), Netzfrequenz-, TV- und externer Triggerung nicht ermöglicht, da das Triggersignal und die Signaldarstellung nicht zwangsläufig identisch sind.

Für sich ständig wiederholende Signale hat diese Anzeige eine geringere Bedeutung, da der Triggerpunkt im allgemeinen am Strahlstart ohnehin zu sehen ist. Abweichungen können durch die Y-Verzögerungsleitung, bzw. im Speicherbetrieb, durch den Pretrigger entstehen.

Mit Drücken der Taste **TLD** (Trigger-LEVEL-Display = Trigger-PEGEL-Anzeige) erfolgt die Signaldarstellung ungetriggert; gleichzeitig wird eine gestrichelte waagerechte Linie eingeblendet. Sie zeigt den Triggerpunkt an. Ohne Meßsignal [z.B. GD (Ground)-Taste eingerastet]] wird auch bei Normal (NORM)-Triggerung die 0-Volt Referenzlinie angezeigt.

Die Triggerpunkt-Markierung folgt der Änderung des Triggerpunktes durch den **LEVEL**-Einsteller. Bei automatischer Spitzenwert-Triggerung (**AUTO**) ist die Änderung durch die Signalamplitude begrenzt. Ohne Signal ist daher eine Änderung kaum wahrnehmbar. Anders verhält es sich bei Normal (NORM)-Triggerung; hier kann der Triggerpunkt um ca. $\pm 8\text{cm}$, bezogen auf die Referenzlinie, verschoben werden.

Die vertikale Position der Signaldarstellung ist mit dem **Y-POS.**-Einsteller einflußbar. Wird die Y-Position des Kanals verändert, so stellt das interne Triggersignal zur Verfügung (DUAL-Betrieb), wirkt sich das gleichzeitig auf die Signaldarstellung und die Triggerpunkt-Markierung aus.

Damit eine einwandfreie Meßsignal-bezogene Anzeige erreicht wird, müssen folgende Bedingungen am Oszilloskop erfüllt sein: **DC**-Eingangskopplung, **DC**-Triggerkopplung und interne Triggerung. Abhängig von Signalfrequenz und -Form kann bei AC-, LF- und HF-Triggerkopplung der direkte Bezug zwischen dem dargestellten und dem, den Triggerkomparator, ansteuernden Signal verloren gehen. Damit der Triggerpunkt frei wählbar ist, sollte unbedingt mit Normal-Triggerung getriggert werden.

Soll z.B. ermittelt werden ob eine Spannung von +5V ausgehend auf +5,5V ansteigt bzw. diesen Wert überschreitet (ansteigende Flanke = SLOPE+), muß die LEVEL-Einstellung so vorgenommen werden, daß sich die Triggerpunkt-Markierung 5,5cm (Meßraster) oberhalb der (mit Y-POS. zu bestimmenden) 0-Volt Referenzlinie befindet. Wird mit einem 10:1 Taster gemessen, ist der Eingangsteiler in die 0,1V/Div.-Stellung zu schalten. damit beträgt der Ablenkoeffizient 1V/

Div. Der Triggerpunkt ist dann mit +5,5V definiert. Befindet sich der Triggerpunkt unterhalb der 0-Volt Linie, wird eine negative Spannung vorgegeben.

Die Invertierung des Meßsignals bewirkt meistens eine Signaldarstellung, die nicht mehr mit dem Triggersignal und der darauf bezogenen Trigger-LEVEL-Anzeige übereinstimmt.

Die Triggerpunkt-Markierung beeinflußt die OVERSCAN-Anzeige, ist aber nicht auf die Rastergrenzen bezogen, wie dies bei Meßsignalen der Fall ist.

Es muß auch beachtet werden, daß sich geringfügige Unterschiede zwischen Trigger-LEVEL-Anzeige und dem dargestellten Signal ergeben. Sie resultieren aus der Triggerschwelle.

Y-Überbereichsanzeige

Diese Anzeige leuchtet auf, wenn der gesamte Strahl, Signalanteile oder die Triggerpunkt-Markierung das Meßraster in vertikaler Richtung verlassen. Die Anzeige erfolgt mit 2 Leuchtdioden, bezeichnet mit **OVERSCAN**, die im Bedienungsfeld zwischen den Teilschaltern angeordnet sind. Leuchtet eine LED ohne angelegtes Meßsignal, deutet dies auf einen verstellten **Y-POS.**-Knopf hin. An der Zuordnung der LEDs erkennt man, in welcher Richtung der Strahl den Bildschirm verlassen hat. Bei DUAL-Betrieb können auch beide Y-POS.-Knöpfe verstellbar sein. Liegen die Strahlraster in einer Richtung, leuchtet ebenfalls nur eine LED. Befindet sich jedoch z.B. ein Strahl oberhalb und die anderen unterhalb des Schirmes, leuchten beide. Die Anzeige der Y-Position bei Rasterüberschreitung erfolgt in **jeder Betriebsart**, also auch dann, wenn wegen fehlender Zeitablenkung keine Zeitlinie geschrieben wird oder das Oszilloskop im XY-Betrieb arbeitet. Wie schon im Absatz „Voreinstellungen“ bemerkt, sollte möglichst oft mit Automatischer Triggerung (**AUTO/NORM**-Taste ungedrückt) gearbeitet werden. Dann ist auch ohne Meßsignal ständig eine Zeitlinie vorhanden. Nicht selten verschwindet die Strahlraster nach dem Anlegen eines Meßsignals. An der Anzeige erkennt man dann, wo sie sich befindet. Leuchten beim Anlegen der Signalspannung beide Lampen gleichzeitig, wird die Rasterfläche in beiden Richtungen überschrieben. Ist das Signal mit einer relativ hohen Gleichspannung überlagert, kann bei DC-Kopplung des Vertikalverstärkers der Rasterrand überschrieben werden, weil die Gleichspannung eine vertikale Positionsverschiebung der scheinbar richtig eingestellten Bildhöhe bewirkt. In diesem Fall muß man sich mit einer kleineren Bildhöhe begnügen oder **AC**-Eingangskopplung wählen.

Rasterbeleuchtung

Für die fotografische Registrierung von Schirmbildern besitzt der HM1007 eine **Rasterbeleuchtung**. Ohne diese ist das für eine Auswertung erforderliche Meßraster nicht sichtbar. Die Rasterbeleuchtung wird mit der Taste **ILLUM.** ein- bzw. ausgeschaltet. Eventuell sind erst mehrere Probeaufnahmen erforderlich, bis das Meßraster auf den Bildern klar zu sehen ist. Wenn die Kamera keine Sperre hat, kann u.U. eine Doppelbelichtung vorteilhaft sein. Selbstverständlich darf dabei die Kamera-Position nicht verändert werden. Ist das Raster aufzunehmen, wird der **INTENS.**-Knopf auf Linksanschlag gestellt.

Der HM1007 verfügt für jeden Kanal über einen 8-Bit Flash A/D Wandler. Die durch die Digital-Zeitbasis gesteuerte Abtastrate beträgt maximal **40MS/s** (40 Millionen Abtastungen pro Sekunde). Bei der Signalerfassung besteht prinzipiell kein Unterschied zwischen der Erfassung repetierender (sich wiederholender) Signale und dem Aufzeichnen einmaliger Ereignisse. Die Signaldarstellung erfolgt immer mit der Punktverbindungsfunktion (Dot Join).

Die Signalerfassung kann sowohl, durch die Triggerung ausgelöst, im **SINGLE**- und **REFRESH**-Betrieb erfolgen, als auch triggerunabhängig (ungetriggert) im **ROLL**- und **XY**-Betrieb durchgeführt werden.

ROLL-Betrieb (ROLL-Taste gedrückt) ist nur in den Zeitbasisstellungen 0,1s/Div. bis 50s/Div. (gestrichelt markiert) möglich. Die Umschaltung in diesen Bereich erfolgt automatisch mit dem Einrasten der ROLL-Taste. Im ROLL-Betrieb wird der Speicherinhalt und damit die Darstellung, kontinuierlich aktualisiert. Wegen der ungetriggerten Signalerfassung entsteht keine triggerbedingte zeitliche Lücke, da nicht auf einen erneuten Start der Aufzeichnung durch ein geeignetes Triggersignal gewartet werden muß. Die Darstellung wird am rechten Bildrand ständig aktualisiert. Mit jedem neuen Abtastvorgang werden daher die Daten der vorhergehenden Abtastvorgänge um eine Adresse verschoben. Auf dem Bildschirm wirkt sich dies als Verschiebung nach links aus. Der zuvor am linken Bildrand angezeigte Wert ist dann nicht mehr im Speicher.

Der **REFRESH**-Betrieb entspricht bezüglich der Darstellung dem gewohnten Verhalten eines Analog-Oszilloskops. Durch die Triggerung ausgelöst erfolgt ein "Schreibvorgang", der am linken Schirmbildrand beginnt und am rechten Rand endet. Ein darauf folgendes Triggerereignis startet erneut die Datenerfassung und überschreibt die Daten des vorherigen Abtastzyklus.

Um auch die Vorgeschichte eines Ereignisses erfassen zu können, verfügt der HM1007 über eine **Pre-Triggerung**. Mit nicht eingerasteter **PRE-TRIG**-Taste erfolgt keine Pre-Triggerung (**0%**). Ist die Taste eingerastet, wird die Signal-Vorgeschichte mit **50%**, bezogen auf ein nachfolgendes Trigger-Ereignis, erfaßt. Die Prozentangabe bezieht sich auf die Schirmbilddarstellung. Das Triggerereignis befindet sich in der Mitte der Darstellung (bezogen auf die X-Rasterlinien). Links davon wird die Vorgeschichte dargestellt.

Wie bereits erwähnt, kann die Pretriggerung nur in den Betriebsarten wirksam sein in denen eine durch die Triggerung ausgelöste Aufzeichnung erfolgt (**Single**- und **Refresh**-Betrieb). Wird im Refresh-Betrieb gemessen und befindet sich die Zeitbasis im Bereich der niedrigen Abtastraten (**ms/s**-Taste gedrückt) ist die Pre-Triggerung unwirksam. Dann wird ohne Pretriggerung (**0%**) aufge-

zeichnet, auch wenn die PRE-TRIG.-Taste gedrückt ist, um zu lange Wartezeiten zu verhindern. Soll in diesen Zeitbasis-Bereichen mit Pretriggerung gemessen werden, ist auf den Single-Betrieb zu schalten.

Der HM1007 verfügt über eine Speichertiefe von 2048 Byte pro Kanal (1. Speicherebene) und weitere 2048 Byte pro Kanal die als Referenzspeicher dienen (2. Speicherebene). Alle erfaßten Signaldaten werden zunächst in die erste Speicherebene übernommen und gleichzeitig auf dem Bildschirm dargestellt. Die Daten können jederzeit von der ersten in die zweite Speicherebene übernommen werden und sichtbar gemacht werden.

Alle im Digitalspeicher-Betrieb erfaßten und gespeicherten Signaldaten können an der HAMEG-Schnittstelle zur Dokumentation abgerufen werden. Außerdem ist es möglich, Signaldaten von außen in den bzw. die Speicher zu senden und damit auf dem Bildschirm sichtbar zu machen.

Bedienelemente des Speicherteils und ihre Funktion

Bis auf die Referenzspeicher Y-Positionsverschiebung befinden sich alle Bedienelemente für den Speicherbetrieb im X-Feld und sind, bis auf die Tasten **X-MAG**, **STOR. x5** und **ms/s**, durch eine Umrahmung gekennzeichnet. Alle Speicher-Bedienelemente sind im Analogoszilloskop-Betrieb unwirksam.

STOR.: Mit dem Einrasten dieser Drucktaste schaltet das Oszilloskop von Analog- auf Digitalspeicher-Betrieb um, und die **STOR.LED** leuchtet. Ein erneuter Druck löst die Taste wieder aus, schaltet zurück auf den Analog-Betrieb, und die LED erlischt. Zuvor mit HOLD gesicherte Signale bleiben erhalten.

Die **STOR. LED** zeigt durch Dauerlicht an, daß der Speicherbetrieb eingeschaltet ist. Blinkt die LED, liegt eine falsche Einstellung des Zeitbereichs-Schalters (**TIME/DIV.**) vor. Dies ist der Fall, wenn er auf Raststellungen außerhalb der durchgehend umrandeten TIME/DIV.-Skala, oder bei gedrückter Zeitbereich-Taste **ms/s** bzw. bei gedrückter **ROLL**-Taste außerhalb der gestrichelt umrandeten Bereiche geschaltet wurde.

Befindet sich der Zeitbereichs-Schalter in der Stellung **CLK.EXT.** (externer Zeitbasis-Takt), blinkt die STOR. LED nicht.

HOLD: Die HOLD-Drucktaste wird betätigt, um den aktuellen auf dem Bildschirm sichtbaren Speicherinhalt vor erneutem Überschreiben zu sichern. Das kann sowohl einen Kanal (**MONO**-Betrieb) als auch beide Kanäle (**DUAL**- und **XY**-Betrieb) betreffen. HOLD kann jederzeit betätigt

werden und unterbricht sofort die weitere Aktualisierung des Speicherinhalts.

Insbesondere in den langsamen Zeitbasis-Stellungen ist im getriggerten Betrieb sichtbar, wie der alte Speicherinhalt durch neue Daten überschrieben wird. Wird die HOLD-Taste innerhalb eines Abtast-Zyklus gedrückt, kann es sein, daß die neuen Daten und die alten Daten einen Übergang (Stoßstelle) zeigen. Dies läßt sich vermeiden in dem man, auch wenn ein repetierendes Signal aufgezeichnet werden soll, eine Aufnahme im Einzelschuß-Betrieb durchführt. Dadurch wird ein vollständiger Abtast-Zyklus ausgelöst, der, wenn er beendet ist, nicht überschrieben wird. Anschließend kann mit **HOLD** verhindert werden, daß ein versehentliches Betätigen der **RESET**-Taste ein erneutes Überschreiben bewirkt.

REF.: Mit der Betätigung der REF.-Taste (Reference = Referenzsignal) werden die Daten der momentan sichtbaren Darstellung in den Referenzspeicher übernommen. Es ist dabei unerheblich ob Y(t)- oder XY-Betrieb vorliegt, bzw. ob MONO oder DUAL-Betrieb gegeben ist. Eine Änderung des Referenzspeicherinhalts kann nur erfolgen, wenn REF. erneut betätigt wird. Das, bzw. die in den Referenzspeicher zu übernehmenden Signale (Daten) können auch zuvor mit HOLD gespeichert worden sein.

DISP. REF.: Wird die DISP. REF.-(Display Reference = Referenzspeicher-Darstellung) Taste eingerastet, erfolgt zusätzlich zur aktuellen Signaldarstellung, die Darstellung des Referenzspeicherinhalts. Im DUAL-Betrieb können sowohl beide im DUAL-Betrieb gespeicherten Referenzsignale sichtbar gemacht werden, als auch zwei, zuvor im MONO-Betrieb Kanal I und II nacheinander gespeicherte, Referenzsignale.

REF.-POS.: Die Referenzsignal-Darstellung kann mit dem im Y-Feld befindlichen REF.-POS.-(Reference Position = Referenzposition) Einsteller in ihrer Y-Position um ca. 4DIV. nach oben geschoben werden, um eine Trennung von der aktuellen Signaldarstellung zu ermöglichen; das erleichtert den Vergleich von Signalen. Befindet sich der REF.-POS.-Einsteller am Linksanschlag, erfolgt die Referenzsignal-Darstellung in der Originalposition. Die Positionsveränderung wird im Analogteil des HM1007 durchgeführt, die Daten im Referenzspeicher bleiben unverändert.

Im XY-Betrieb kann das Referenzsignal nicht verschoben werden.

SINGLE SHOT-Drucktaste: Mit dem Einrasten dieser Taste wird von der periodischen (sich wiederholenden) auf die Einzelereignis-Erfassung umgeschaltet. Ein noch nicht vollständig ausgeführter Abtastzyklus (Zeitablenkvorgang) wird beim Umschalten auf SINGLE SHOT (Einzelschuß)-Betrieb nicht abgebrochen, sondern zu Ende geführt. Befindet sich dabei der ms/s Zeitbereich-Schalter in der s-Stellung, wird die Vervollständigung des Ablenkvorgangs

als Roll-Darstellung gezeigt (Signal wandert zum linken Bildrand).

Damit können Einzelereignisse (wie z.B. Ein- oder Ausschaltvorgänge, nichtperiodische Signale etc.) mit stets gleichbleibender Schirmbildhelligkeit dargestellt und beliebig lang gespeichert werden.

Im SINGLE SHOT- Betrieb wird die Triggerart intern von Automatik- auf Normal-(NORM) Triggerung umgeschaltet.

Im SINGLE SHOT-Betrieb ist die Pretriggerung auch bei niedrigen Abtastraten (ms/s-Taste gedrückt) wirksam.

RESET-Drucktaster: Wird bei eingerasteter SINGLE SHOT-Taste und beendetem Abtastzyklus der RESET-Drucktaster betätigt, leuchtet die RESET-LED. Das Oszilloskop ist damit auf die Erfassung eines Ereignisses vorbereitet und beginnt sofort mit der Signal-Datenerfassung. Nach einem Triggerereignis und dem nachfolgenden Ende des Abtastzyklus wird die Aufzeichnung beendet. Insbesondere bei Aufnahmen im Sekunden-Zeitbasisbereich ist zu beachten, daß zuerst die Zeit für die Erfassung der Vorgeschichte abgelaufen sein muß, bevor ein Triggerereignis die Triggerung auslösen kann. Andernfalls könnte bei der Erfassung mit 50% Pre-Trigger eine Signaldarstellung erfolgen, bei der die dargestellte Vorgeschichte nicht mit dem Pretriggerwert übereinstimmt.

Nach beendetem Abtastzyklus kann mit dem RESET-Drucktaster (die nunmehr erloschene) RESET-LED wieder eingeschaltet und ein neuer Abtastzyklus ausgelöst werden, welcher die vorher erfaßten Signal-Daten überschreibt.

In der **s**-Stellung des **ms/s** Zeitbereich-Schalters ist die Signal-Datenerfassung im **SINGLE SHOT**-Betrieb direkt sichtbar. Sie erfolgt als Roll-Darstellung, hat aber sonst keine Gemeinsamkeiten mit dem Roll-Betrieb.

PRE-TRIG-Drucktaster: Zur Erfassung von Signalen **vor** dem Triggerereignis dient der Pre-TRIGGER. Ist die PRE-TRIG.-Taste nicht eingerastet erfolgt die Aufnahme ohne Vorgeschichte (0% Pre-Trigger). Mit eingerasteter PRE-TRIG.-Taste wird mit 50% Vorgeschichte aufgezeichnet. Wie bereits erwähnt, ist die Pre-Trigger-Funktion nur in den getriggerten Betriebsarten möglich, also nicht im XY- und ROLL-Betrieb. Im SINGLE SHOT-Betrieb ist der Pretrigger wenn eingeschaltet immer wirksam, während im **s**-(Sekunden) Zeitbereich und **REFRESH**-Betrieb (NORM-Triggerung) **ohne** Pretriggerung (0%) gemessen wird, um zu lange Wartezeiten bei der Aufnahme periodischer Signale zu vermeiden.

Der Pretrigger-Wert bezieht sich auf die Schirmbild-Darstellung. So beträgt bei **50%** Pretrigger in der **1ms/Div.**-Zeitbereichs-Stellung die dargestellte Vorgeschichte **5ms** (50% von 10Div.x1ms). Die Prozentangabe bezieht sich auf das Raster in X-Ablenkrichtung; das Triggerereignis wird somit **5cm vor dem rechten Rasterrand** dargestellt.

X-MAG. STOR. x5: Wird diese Taste gedrückt, erfolgt eine X-Dehnung um den Faktor 5. Diese Funktion ist nur im Speicher-Betrieb wirksam und kann mit **X-MAG. x10** kombiniert werden, was eine **50fache X-Dehnung** bewirken würde.

ROLL: Mit dem Einrasten dieser Taste wird auf ROLL-Betrieb umgeschaltet. Da diese Betriebsart nur in den Zeitbasisbereichen von **50s/Div.** bis **0,1s/Div.** sinnvoll und möglich ist, erfolgt gleichzeitig die automatische Umschaltung auf den **s** (Sekunden)-Zeitbereich.

Das zuletzt abgetastete Signal wird am rechten Rand der Signaldarstellung angezeigt, die zuvor aufgenommenen Signaldaten werden mit jeder Abtastung um eine Adresse nach links geschoben. Der vorher am linken Bildrand angezeigte Wert geht verloren.

Mit HOLD kann die Aufnahme jederzeit gesichert werden, da in dieser triggerunabhängigen Betriebsart sog. "Stoßstellen" nicht entstehen können.

TIME/DIV.-Drehschalter: Im Speicherbetrieb erfolgt die Abtastimpulserzeugung durch die quarzgesteuerte Digital-Zeitbasis. Die Abtastrate wird mit dem TIME/DIV.-Schalter bestimmt, während der Zeitbasis-Feinstellknopf außer Funktion ist. Wegen der auf maximal **40Ms/s** (40 Millionen Abtastvorgänge pro Sekunde) begrenzten Abtastrate, und der Speichertiefe von 2k-Byte (2000 Abtastwerte, dargestellt über 10Div. in X-Richtung), ist der kleinste einstellbare Zeitkoeffizient im Speicherbetrieb **5µs/Div.**. Er kann mit dem TIME/DIV.-Schalter auf **50ms/Div.** vergrößert werden. Dieser Bereich ist auf der **TIME/DIV.-Skala** schwarz umrandet und wirksam, wenn sich der **ms/s** Zeitbereich-Schalter in Stellung **ms** befindet (ungedrückt).

Da im Speicherbetrieb noch größere Zeitkoeffizienten sinnvoll sind, kann der Zeitkoeffizient um den **Faktor 1000** vergrößert werden. Dazu ist der ms/s Zeitbereich-Schalter in die s-Stellung zu schalten. Nun ist der schwarz gestrichelt umrandete Bereich der Skala gültig. Es sind Zeitkoeffizienten von **50s/Div.** bis **0,1s/Div.** einstellbar. Mit der Umschaltung auf den ROLL-Betrieb wird automatisch in den s-Zeitbereich geschaltet.

CLK. EXT.: Wird der TIME/DIV.-Schalter im Speicherbetrieb auf CLK. EXT. (Linksanschlag des Zeitbasis-Schalters) geschaltet, ist die interne Zeitbasis abgeschaltet. Über die auf der Geräte-Rückseite angeordnete BNC-Buchse kann nun ein externes Zeitbasis-Signal zugeführt werden. Dabei sind folgende Bedingungen zu beachten:

Maximale Frequenz: 5MHz
Eingangsspannung: 0 +5Volt.
Low: 0 +0,3Volt.
High: +3V +5Volt.
Abtast-Pulsbreite: >45ns für High-Signal
Abtastflanke: Ansteigende Flanke

Mit externem Zeitbasis-Signal kann in allen Speicher-Betriebsarten gemessen werden. Ist die Frequenz des externen Zeitbasis-Signals <2kHz, wird empfohlen, in den ROLL-Betrieb zu schalten. Der ms/s Zeitbereichs-Schalter ist unwirksam.

X-Y-Drucktaste: Ist STOR. gerastet, und wird die (außerhalb des Speicher-Bedienfeldes befindliche) Drucktaste X-Y eingerastet, arbeitet der HM1007 im **XY-Speicher-Betrieb**. Im Gegensatz zum XY-Analog-Betrieb ergeben sich folgende Abweichungen:

Die Zeitbasis muß wirksam sein, da andernfalls keine Signalabtastung erfolgt.

Der Y-Positions-Einsteller von Kanal II (**Y-POS. II**) wirkt als X-Positionseinsteller; der Einsteller **X-POS.** hat keine Funktion.

Mit **INV. CH II** kann das Eingangssignal von **Kanal II** invertiert werden, dabei wird der X-Anteil der Darstellung um **180° gedreht**.

Im XY-Speicherbetrieb sind die Tasten X-MAG. STOR. x5 und X-MAG. x10 unwirksam.

Wird mit zu kleinem Zeitkoeffizienten gemessen, kann die Abtastrate (im Verhältnis zur Periodendauer der abzutastenden Signale) zu hoch sein. Dann wird nur noch ein Teil der X- bzw. Y-Signalperiode abgetastet und es entstehen Lücken in der Darstellung.

Ist der Zeitkoeffizient zu groß, werden zu viele Perioden abgetastet. Sind dabei X- und Y-Signal nicht phasenstarr verkoppelt, ergibt sich eine unscharf wirkende Darstellung. Diese gibt allerdings, die sich während der Aufnahme ergebenden, unterschiedlichen Phasenbeziehungen, richtig wieder.

Das Bestimmen der richtigen Zeitbasisstellung wird vereinfacht, wenn zunächst beide Signale im DUAL-Betrieb dargestellt werden. Dabei ist der TIME/DIV.-Schalter so einzustellen, daß jeder Kanal mindestens eine Signalperiode anzeigt. Anschließend kann auf XY-Betrieb geschaltet werden.

Wie bereits erwähnt, wirkt der Y-POS.II Einsteller im XY-Speicherbetrieb als X-Positions-Einsteller. Der Strich auf der Knopfkappe des Y-POS.II (Y-Position Kanal II) soll senkrecht nach oben zeigen, sofern nicht ein Gleichspannungsanteil damit kompensiert werden muß. Der Aussteuerbereich der A/D-Wandler beträgt, bezogen auf das Schirmbild, ca. 10cm. Nur im XY-Betrieb ist die daraus resultierende Begrenzung am linken und rechten Rasterrand erkennbar, und beim Erreichen störend.

Zum Sichern einer XY-Speicher-Darstellung genügt es, die HOLD-Taste zu betätigen.

Der REF.-POS. Einsteller ist im XY-Betrieb unwirksam.

Speicher-Auflösung und Betriebsarten

Vertikalauflösung

Punktdichte in jeder Betriebsart 8 bit = 2^8 = 256 Punkte auf ca. 10 cm Bildhöhe (25 Punkte pro Div.). Im Schirmraster sind aber nur 8 Div. auswertbar.

Horizontalauflösung im Y(t) (Zeitbasisbetrieb)

Punktdichte pro Kanal $11 \text{ bit} = 2^{11} = 2048$ Punkte. Davon werden 2000 Punkte über 10cm Bildbreite (200 Punkte pro Div.) dargestellt. Die restlichen 48 Punkte überschreiten das X-Raster.

Punktdichte im XY Betrieb: 250x250 Punkte auf 10 Div.

Horizontalauflösung mit X-Dehnung

Im Digitalspeicher-Betrieb kann die Signaldarstellung, bezogen auf die X-Ablenkung, gedehnt werden. Das entspricht einer Erhöhung der Abtastrate mit gleichzeitiger Reduzierung der X-Auflösung. Die Dehnung erfolgt im X-Analogteil des HM1007 und verändert die aufgezeichneten Daten nicht.

Während im Analogoszilloskop-Betrieb nur die Dehnung X-MAG.x10 wirksam ist, kann im Digitalspeicherbetrieb sowohl mit **X-MAG.x10** als auch mit **X-MAG.x5** und mit beiden Dehnungsfaktoren, entsprechend einer **50fachen** Dehnung, gemessen werden. Für den Y(t)-Betrieb ergeben sich mit X-Dehnung folgende Punktdichten:

X x5 = 40 Punkte/DIV.

Xx10 = 20 Punkte/DIV.

Xx50 = 4 Punkte/DIV.

Die X-Dehnung ist eine Ausschnittvergrößerung. Der gewünschte Ausschnitt kann mit dem X-POS.-Einsteller (grob und fein) eingestellt werden.

Maximale Signalfrequenz im Speicherbetrieb

Die höchste auswertbare Frequenz ist nicht exakt definierbar, da sie stark abhängig ist von der Signalform und der Darstellungshöhe des Signals.

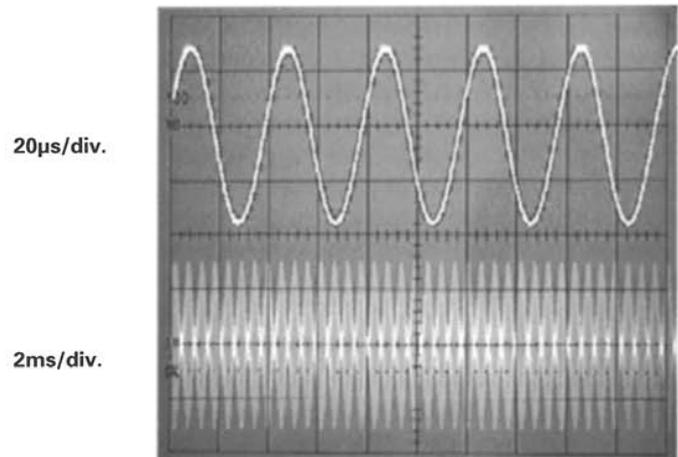
Mit dem Start der Zeitablenkung wird die, an den Eingängen der Analog-/Digitalwandler anliegende, Signalspannungshöhe kurzzeitig gemessen (abgetastet), in einen 8-bit Digitalwert gewandelt und in ein RAM eingeschrieben. Mit der nächsten A/D-Wandlung verhält es sich ebenso, jedoch wurde die RAM Adresse zuvor um 1 erhöht.

Die Zeitabstände zwischen den Signalabtastungen werden durch die Zeitbasis-Einstellung bestimmt. Bei der maximalen Abtastrate von 40 Megasamples/s (40MHz), in der 5µs/DIV. Zeitbasis-Stellung, tasten die A/D-Wandler das Analogsignal in 25ns Abständen ab und stellen es als 8-bit Date zur Verfügung. Unter der Voraussetzung, daß 10 Messungen pro Signalperiode ausreichen, ergibt sich eine minimale Signalperiodendauer von $10 \times 25\text{ns} = 250\text{ns}$, entsprechend einer maximalen Signalfrequenz von 4MHz. Da die Speichertiefe 2k (2048 Abtastdaten) beträgt, werden die Daten in X-Richtung ungedehnt über ca. 10,2 Div. (10,2cm) dargestellt. Für 10 Abtastwerte (z.B. einer Periode eines 4MHz Sinussignals) ergibt sich eine Strahlablenkung in X-Richtung von 0,5mm. Zur Auswertung empfiehlt es sich daher, diese Signalfrequenz mit X-MAG.x10 über 5mm darzustellen. Mit zusätzlich gedrück-

ter X-MAG.x5-Taste (X-Gesamtdehnung x50) wird eine Signalperiode in X-Richtung über 25mm angezeigt und dadurch noch besser auswertbar. Der scheinbare Nachteil der höheren Speichertiefe kann mit X-Dehnung aufgehoben werden. Eine geringere Speichertiefe hätte eine nicht zu beseitigende schlechte X-Auflösung zur Folge.

Die Darstellungshöhe in Y-Richtung geht ebenfalls in die Signaldarstellungs-Qualität ein. So ist ein mit 10 Abtastungen/Periode dargestelltes sinusförmiges Signal bei einer Darstellungshöhe von 8cm schlechter erkennbar, als bei 2cm Amplitude.

Werden Signale mit zu niedriger Abtastrate aufgenommen, sind Signalform- und Signalamplituden-Verfälschungen die Folge (siehe Abbildung).



Vertikalverstärker-Betriebsarten

Prinzipiell kann der HM 1007 im Digitalspeicherbetrieb mit den gleichen Betriebsarten arbeiten wie im analogen Betrieb mit Zeitablenkung. Es können so dargestellt werden:

- Kanal I einzeln,
- Kanal II einzeln,
- Kanäle I und II gleichzeitig,
- Summe der beiden Kanäle,
- Differenz der beiden Kanäle.
- XY-Messungen

Abweichungen des Speicherbetriebs (gegenüber dem Analogoszilloskop-Betrieb) sind:

- Bei gedrückter Taste DUAL (gleichzeitige Signaldarstellung beider Kanäle) erfolgt die Aufnahme beider Eingangssignale gleichzeitig, da jeder Kanal über einen A/DWandler verfügt. Die im Analog-Betrieb erforderliche Umschaltung zwischen gechopptem bzw. alternierendem Betrieb entfällt daher. Das Drücken der Taste CHOP. bleibt ohne Wirkung.
- Wegen der hohen Wiederholfrequenz (ca. 60Hz) der Bilddarstellung kann Flackern nicht auftreten.
- Die Speicherzeitbasis ist auch im XY-Speicherbetrieb wirksam.

Schutz des Speicherinhalts

Um zu verhindern daß der Speicherinhalt mit dem Ausschalten des HM1007 verloren geht, können zwei Alkaline Mikrozellen (MN2400 = LR03 = SIZE AAA) in einen innerhalb des Oszilloskops befindlichen Batteriehalter eingesetzt werden.

Zuerst ist das Netzkabel vom HM1007 zu entfernen, und dann das Gerät mit seiner Vorderseite hochkant auf eine weiche Unterlage zu stellen. Nach dem Entfernen des Rückdeckels wird der Batteriehalter sichtbar. Hier sind die beiden Mikrozellen mit der richtigen Polung (Symbole im Batteriehalter beachten) einzusetzen. Nachdem der Rückdeckel wieder angeschraubt wurde, kann das Oszilloskop in Betrieb genommen werden.

Vor dem Ausschalten muß die HOLD-Taste eingerastet werden, da andernfalls beim Wiedereinschalten ein Triggersignal entstehen kann, welches ein Überschreiben des Speicherinhalts bewirkt.

Es wird empfohlen die Mikrozellen zu entfernen, wenn das Oszilloskop längere Zeit nicht betrieben wird.

HAMEG-Schnittstelle

Über die, an der Rückseite des HM1007 befindliche, 26polige Steckerkupplung können die im Speicher befindlichen Signal-Daten zur Dokumentation entnommen werden. Die Daten werden sowohl digital, als auch digital/analog gewandelt zur Verfügung gestellt. Außerdem ist es (mit geeigneten externen Geräten) möglich Daten (digital) in den Speicher des Oszilloskops zu senden und auf dem Bildschirm sichtbar zu machen. Dies ist deshalb vorteilhaft, da, im Gegensatz zur rechnergestützten Monitor-Darstellung mit ihrer X-Auflösungseinschränkung, unter diesen Bedingungen das Signal wieder in voller Auflösung von 2k-Speichertiefe pro Signal dargestellt wird.

Die Dokumentation kann ohne ein Interface direkt mit dem HAMEG Graphik-Printer erfolgen. Er dokumentiert als "Hardcopy" das aufgenommene Signal, das in unterschiedlichen Betriebsarten übernommen werden kann. Die mit dem Oszilloskop mögliche X-Dehnung (analog) wird nicht berücksichtigt, da der Graphik-Printer über eigene Dehnungsmöglichkeiten verfügt. Genauere Informationen sind der Bedienungsanleitung des Graphik-Printers zu entnehmen. Mit dem extern anschließbaren Interface HO79-4/-7 gibt es mehrere Dokumentationsmöglichkeiten. Folgende Ports stehen zur Verfügung:

- Analog, für XY-Schreiber
- Parallel, für Geräte mit CENTRONICS-Anschluß
- RS232, für bidirektionale Kommunikation
- IEEE-488, für bidirektionale Kommunikation und "Talk only"-Betrieb

Es stehen unterschiedliche Daten-Formate zur Verfügung.

Außerdem können über HO79-4/-7 Daten in den HM1007 Speicher gesendet werden. HO79-4/-7 empfängt diese Daten über RS232 bzw. IEEE-488.

Mechanischer Aufbau der HAMEG-Schnittstelle:

Wie bereits erwähnt, befindet sich die 26polige Steckerkupplung an der Rückseite des HM1007. Anschlußpunkt 1 (Pin 1) ist auf dem Kunststoffgehäuse mit einem Dreieck symbolisiert. Die daneben liegenden Stifte haben die Reihenfolge 3, 5, 725. Der dem Symbol abgewandte Stift ist Pin 2, diese Reihe ist geradzahlig von 2 bis 26 numeriert.

Pin-Belegung und Bedeutung:

Pin Name	Aktiv	Typ	Bedeutung
1 GND	-	-	Bezugspotential (digital)
2 -	-	-	-
3 HB0	-	Data	Bit 0 (LSB) bidirectional
4 HB1	-	Data	Bit 1 "
5 HB2	-	Data	Bit 2 "
6 HB3	-	Data	Bit 3 "
7 HB4	-	Data	Bit 4 "
8 HB5	-	Data	Bit 5 "
9 HB6	-	Data	Bit 6 "
10 HB7	-	Data	Bit 7 (MSB) "
11 +5VHB	-	-	Versorgungsspannung vom Scope ca. +4,5V/150mA
12 GND	-	-	Bezugspotential (analog)
13 XPLOT	-	-	X-Analogspannung (ca. 0,1V/DIV.) für XY-Schreiber
14 -	-	-	-
15 YPLOT	-	-	Y-Analogspannung (ca. 0,1V/DIV.) für XY-Schreiber
16 XY	LOW	OUT	XY-Betrieb: L-Pegel
17 DATAVAL	LOW	INP/OUT	Daten gültig: L-Pegel
18 CLRAC	LOW	INP	Auslesezähler zurücksetzen: L-Pegel
19 CLKAC	HIGH	INP	Auslesezähler Takteingang: Steigende Flanke erhöht Auslesezähler-Adresse um 1
20 SRQ	HIGH	INP	Bedienungsanforderung: H-Pegel unterbricht internen Auslesetak
21 HBWR	LOW	INP	Lese-/Schreib-Umschaltung: L-Pegel ermöglicht Daten in den Scope-Speicher zu schreiben
22 TE	LOW	OUT	Senden ermöglichen: L-Pegel signalisiert Sendebereitschaft
23 HBRESET	LOW	INP	Single setzen: L-Pegel setzt RESET (LED leuchtet)
24 -	-	-	-
25 GND	-	-	Bezugspotential (digital)
26 GND	-	-	Bezugspotential (digital)

Erläuterung: INP = Eingangssignal für HM1007

OUT = Ausgangssignal vom HM1007

LOW = HCMOS L-Pegel, 0 bis 1,35V

HIGH = HCMOS H-Pegel, 3,15 bis 5V

Achtung!

Beim Anschluß externer Geräte an die HAMEG-Schnittstelle müssen folgende Bedingungen eingehalten werden: Eingangsspannungen dürfen nur im Bereich 0...+5Volt liegen.

Die Ausgänge sind nicht kurzschlußfest; die Belastung darf eine Impedanz von $2k\Omega$ nicht unterschreiten.

Auslesen des Datenspeichers:

Die folgenden Ausführungen dienen lediglich dem besseren Verständnis. Der Ablauf erfolgt mit dem HAMEG Graphik-Printer bzw. dem Interface HO79-4/-7 weitgehend automatisch.

Vor dem Auslesen des Datenspeichers zeigen die Datenleitungen den Oszilloskoptyp an. Ist an HB1 H-Pegel und liegt L-Pegel an allen anderen Datenleitungen, wird das Oszilloskop als HM1007 erkannt.

Während des Auslesens führen die Datenleitungen die Pegel des Speicherinhalts.

Der Speicherinhalt wird wie folgt ausgelesen:

1. SRQ auf H-Pegel setzen = Bedienungsanforderung.
2. TE\ abfragen, bis L-Pegel die Bereitschaft des HM1007 signalisiert.
3. XY\ abfragen. Liegt L-Pegel vor (XY-Betrieb) Punkt 4. überspringen. Da im XY-Betrieb eine Referenz-Positionsverschiebung nicht ermöglicht wird, muß keine diesbezügliche Abfrage erfolgen.
4. Die Datenleitungen zeigen nun den Betrag der Referenz-Positionsverschiebung als 8-Bit Wert an. Bei einer Verschiebung um ein Raster zeigen die Datenleitungen (von MSB nach LSB) 00011001 entsprechend dezimal 25, was der Y-Auflösung entspricht.
5. CLRAC\ kurz auf L-Pegel setzen, damit der Auslesevorgang eingeleitet wird.
6. CLKAC\ (clock address counter) mit einem L-H Spannungssprung (steigende Flanke) versehen. Danach führen die Datenleitungen die Daten von Byte 0, bis die nächste steigende Flanke die Daten von Byte 1 zur Verfügung stellt. Es versteht sich von selbst, daß nach jeder steigenden eine fallende Flanke folgen muß (Rechteck-Signal).

Der Speicher muß stets komplett ausgelesen werden (4x2k), unabhängig von der Betriebsart des Oszilloskops (Mono/Dual, mit/ohne Referenz-Speicher). Die gültigen,

d.h. auf dem Bildschirm angezeigten, 2k- Datenblöcke werden während des Auslesens derselben mit L-Pegel an DATAVAL\ angezeigt. Durch an der HAMEG-Schnittstelle angeschlossene Geräte werden nur die gültigen Datenblöcke dokumentiert.

Die Signaldatenausgabe erfolgt stets in der Reihenfolge: 2048 Byte Kanal I-Daten, 2048 Byte Kanal II-Daten, 2048 Byte Referenz Kanal I-Daten und 2048 Byte Referenz Kanal II-Daten.

7. SRQ auf L-Pegel zurücksetzen, beendet das Auslesen und schaltet das HM1007 in den Normal-Betrieb zurück.

Automatisches Auslesen von Einzelereignissen

Nachfolgend wird beschrieben, wie im SINGLE-Betrieb ausgelesen wird. Die Voraussetzung ist, daß die SINGLE-Taste gedrückt ist und das Oszilloskop mit der RESET-Taste auf ein Triggerereignis vorbereitet wurde.

Da das Verfahren weitgehend identisch ist mit den im vorherigen Teil erläuterten Einzelheiten, wird nur auf die Unterschiede eingegangen.

A: Zunächst wie unter 2. beschrieben die TE\Leitung abfragen. Mit TE\ LOW wird nun signalisiert, daß das HM1007 ein Ereignis erfaßt hat und das Ende der Aufnahme erreicht wurde. Die Übernahme der Signaldaten hat in der beschriebenen Reihenfolge 1. bis einschließlich 7. zu erfolgen. TE\ (Punkt 2 der Beschreibung) hat dabei wieder seine normale Bedeutung.

B: HBRESET\ kurz auf L-Pegel setzen. Damit ist das HM1007 wieder auf Triggerbereitschaft geschaltet und die RESET-LED leuchtet. Anschließend erneut wie unter A beschrieben verfahren.

Schreiben von Daten in den Speicher

Wie bereits erwähnt, ist es über die HAMEG-Schnittstelle des HM1007 auch möglich, Daten in den Oszilloskop-Speicher zu schreiben, die zuvor auf einem Datenträger (z.B. Festplatte) gespeichert wurden. Sie können vom Rechner seriell (RS232) oder parallel (IEEE-488-Bus) über das Interface HO79-4/-7 in den Speicher des HM1007 gesendet werden.

Damit können auf Datenträgern gespeicherte Signale wieder mit voller X-Auflösung durch das Oszilloskop dargestellt werden, was mit dem Rechner-Monitor wegen der üblicherweise schlechteren X-Auflösung der Graphik-Karten nicht erfolgen kann. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß damit Referenzsignale in das Scope geladen werden können, die mit aktuellen Signalen sofort verglichen wer-

den können. Die andere Methode, aktuelle Signale zum Rechner zu senden und den Vergleich auf dem Monitor vorzunehmen ist, wegen der Datenübertragungszeiten, langsamer.

Werden lediglich Daten in den bzw. die Referenzspeicher geschrieben, sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich. Sollen aber auch andere Speicherblöcke beschrieben werden, ist es sinnvoll vorher HOLD einzurasten. Andernfalls besteht die Möglichkeit, das nachfolgende neue Informationen vom A/D-Wandler die Daten überschreiben.

Die Schreibprozedur ist weitgehend identisch mit der Ausleseprozedur:

1. SRQ auf H-Pegel setzen = Bedienungsanforderung.
2. HBWR\ mit L-Pegel aktivieren. Damit wird der Oszilloskop-Speicher auf Schreiben geschaltet.
3. TE\ abfragen, bis L-Pegel die Bereitschaft des HM1007 signalisiert.
4. CLRAC\ kurz auf L-Pegel setzen, damit der Schreibvorgang eingeleitet wird.
5. Die Daten für Byte 0 an die Datenleitungen legen.
6. CLKAC\ (clock address counter) mit einem L-H Spannungssprung (steigende Flanke) versehen. Die zuvor angelegten Daten werden dadurch in den Speicher geschrieben, gleichzeitig wird die Zähler-Adresse auf Byte 1 geschaltet. Anschließend die Daten für Byte 1 anlegen und eine weitere steigende Flanke an CLKAC\ senden. Es versteht sich von selbst, daß nach jeder steigenden eine fallende Flanke folgen muß (Rechteck-Signal).

Mit CLKAC\ muß stets über den gesamten Speicher-Adressbereich getaktet werden, unabhängig von der Betriebsart des Oszilloskops (Mono/Dual, mit/ohne Referenz-Speicher). Der, bzw. die 2k-Datenblöcke in den bzw. die zu schreiben ist, sind dem Oszilloskop mit ständigem L-Pegel an DATAVAL\ zu signalisieren.

Wie bei der Signaldatenausgabe ist auch beim Einschreiben von Daten die Reihenfolge:

2048 Byte Kanal I-Daten, 2048 Byte Kanal II-Daten, 2048 Byte Referenz Kanal I-Daten und 2048 Byte Referenz Kanal II-Daten.

7. SRQ auf L-Pegel zurücksetzen, beendet das Einschreiben und schaltet das HM1007 in den Normal-Betrieb zurück.

Sicherheitshinweis

Achtung: Alle Anschlüsse der Schnittstelle am Oszilloskop sind galvanisch mit dem Oszilloskop verbunden.

Messungen an hochliegendem Meßbezugspotential sind nicht zulässig und gefährden Oszilloskop, Interface und daran angeschlossene Geräte.

Bei Nichtbeachtung der Sicherheitshinweise (siehe auch „Sicherheit“, Seite M1) werden Schäden an HAMEG-Produkten nicht von der Garantie erfaßt. Auch haftet HAMEG nicht für Schäden an Personen oder Fremdfabrikaten.

Inbetriebnahme und Voreinstellungen

Gerät an Netz anschließen, Netzaste (oben rechts neben Bildschirm) drücken. Leuchtdiode zeigt Betriebszustand an.

Gehäuse, Chassis und Meßbuchsen-Massen sind mit dem Netzschutzleiter verbunden (Schutzklasse I).

Keine weitere Taste drücken. Es liegt **AC**-Triggerkopplung vor.

AUTO/NORM-Taste in **AUTO**-Stellung. Eingangskopplungsschalter **CH.I** auf **GD**.

Am Knopf **INTENS.** mittlere Helligkeit einstellen.

Mit den Knöpfen **Y-POS.I** und **X-POS.** Zeitlinie auf Bildschirmmitte bringen.

Anschließend mit **FOCUS**-Knopf Zeitlinie scharf einstellen.

Betriebsart Vertikalverstärker

Kanal I: Alle Tasten im Y-Feld herausstehend.

Kanal II: Taste **CHI/II** gedrückt.

Kanal I und II: Taste **DUAL** gedrückt. Alternierende Kanalumschaltung; Taste **CHOP.** nicht drücken.

Signale <1kHz oder Zeitkoeffizienten $\geq 1\text{ms/cm}$ mit gedrückter Taste **CHOP.**

Kanäle I+II (Summe): Nur Taste **ADD** drücken.

Kanäle +I–II bzw. –I+II (Differenz): Taste **ADD** und eine Taste **INV.** (Invertiert) drücken.

Betriebsart Triggerung

Triggerart mit **AUTO/NORM**-Taste wählen:

AUTO = Automatische Triggerung $\geq 10\text{Hz}$ - 130MHz , andernfalls Normaltriggerung.

Trigger-Flankenrichtung: mit Taste **SLOPE +/-** wählen.

Interne Triggerung: Kanal wird mit Taste **CHI/II-TRIG.I/II** gewählt.

Externe Triggerung: Taste **EXT.** drücken; Trigger-Signal ($0,1V_{ss}$ - $2V_{ss}$) auf Buchse **TRIG. INP.**

Netztriggerung: **TRIG. SEL.**-Drucktaster betätigen bis \sim -Symbol aufleuchtet.

Triggerkopplung mit **TRIG. SEL.**-Drucktaster (Folge: **AC-DC-HF-LF**) wählen. Frequenzbereiche der Triggerkopplung:

AC: $\geq 10\text{Hz}$ bis 40MHz ; **DC:** 0 bis 40MHz ; **HF:** 30Hz bis 130MHz ; **LF:** 0 bis 1kHz .

Video-Signalgemische mit Zeilenfrequenz: mit **TRIG. SEL.** auf **TV** schalten, **LEVEL** nach links.

Video-Signalgemische mit Bildfrequenz: mit **TRIG. SEL.** auf **TV** schalten, **LEVEL** nach rechts.

Sync-Impuls: Polaritätsumschaltung mit **SLOPE.**

Triggeranzeige beachten: **LED** mit **TR** gekennzeichnet.

Speicherbetrieb

Betriebsart-Umschaltung mit Taste **STOR.**

Im Speicherbetrieb leuchtet die **STOR.-LED** kontinuierlich.

Speicherinhalt sichern durch **HOLD**-Taste drücken:

Kanal I, II, **DUAL**, **ADD** oder **XY**: Taste **HOLD** drücken.

Referenzsignal(e) mit Save **REF.**-Taste speichern.

Referenzsignal(e) anzeigen mit **DISP. REF.** drücken.

Referenzsignal(e) -außer **XY**- mit **REF.-POS.** verschieben.

Einzel-Zeitablenkung: Erst Taste **SINGLE**, dann **RESET** drücken.

RESET-LED leuchtet bei Triggerbereitschaft.

ROLL: **ROLL**-Taste einrasten. Zeitbereichumschaltung auf **s** (Sekunden) geschieht automatisch.

Messung

Meßsignal den Vertikal-Eingangsbuchsen von **CH.I** und/oder **CH.II** zuführen.

Tasteteiler vorher mit eingebautem Rechteckgenerator **CAL.** abgleichen.

Meßsignal-Ankopplung auf **AC** oder **DC** schalten.

Mit Teilerschalter Signal auf gewünschte Bildhöhe einstellen.

Am **TIME/DIV.**-Schalter Zeitkoeffizienten wählen. Falscher Zeitkoeffizient im Speicherbetrieb wird durch Blinken der **STOR.-LED** angezeigt.

Triggerpunkt mit **LEVEL**-Knopf einstellen (bei Normaltriggerung).

Triggerpunkt mit **TLD** (Trigger-Pegelanzeige) sichtbar machen. Eingangs- u. Trigger-Kopplung auf **DC** schalten.

Komplexe oder aperiodische Signale evtl. mit vergrößerter **HOLD-OFF**-Zeit triggern.

Amplitudenmessung mit Y-Feinsteller auf Rechtsanschlag **CAL.**

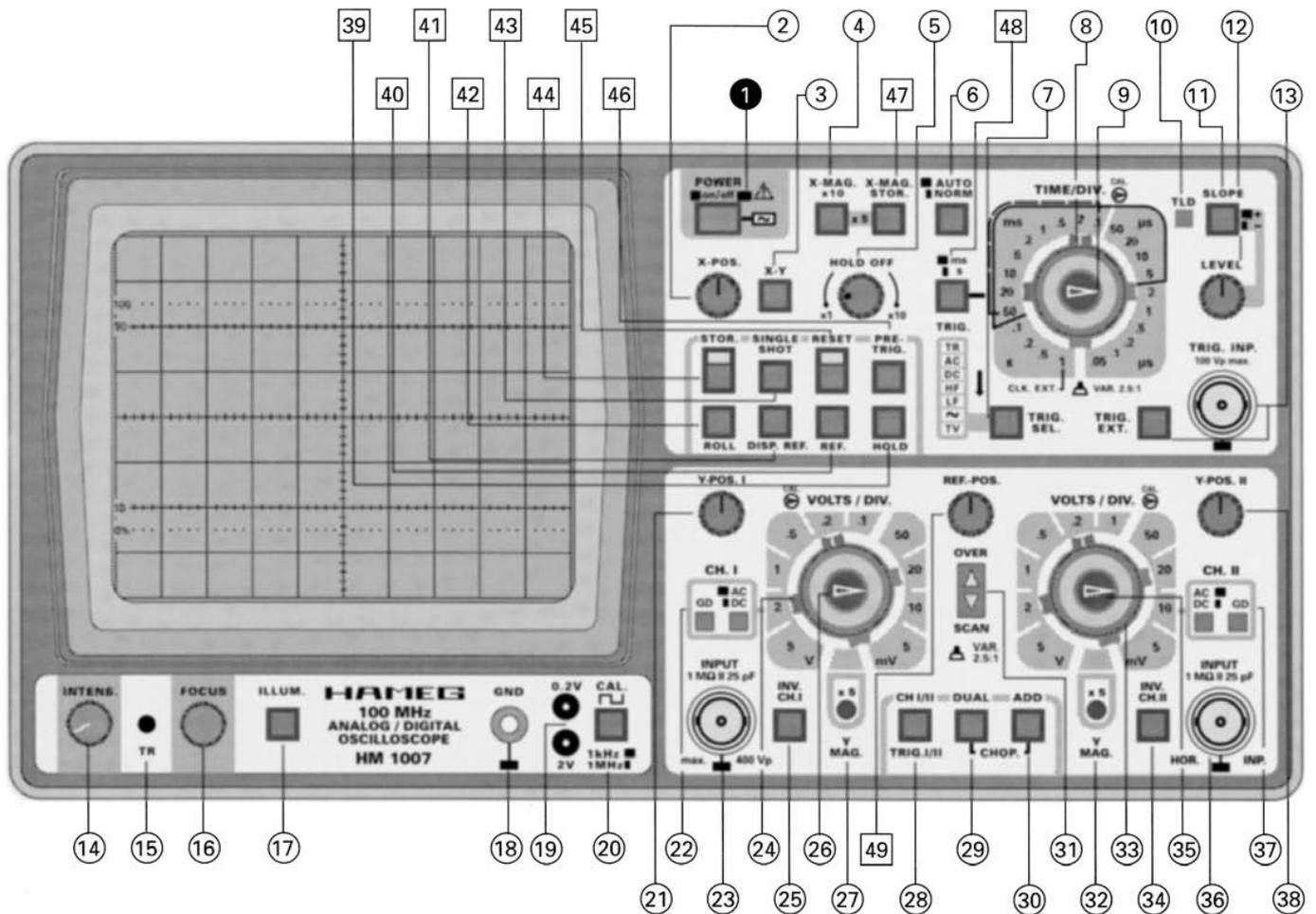
Zeitmessung mit Zeit-Feinsteller auf Rechtsanschlag **CAL.**

X-Dehnung x10 (analog und digital) : Taste **X-MAG. x10** drücken.

X-Dehnung x5 (nur digital): Taste **X-MAG.STOR.x5** drücken.

X-Dehnung x50 (nur digital): Tasten **X-MAG.x10 und X-MAG. STOR.x5** drücken.

Externe Horizontalablenkung (**XY-Betrieb**) mit gedrückter Taste **X-Y** (X-Eingang: **CH.II**).



Bedienungselemente für den Speicherbetrieb:

Element	Funktion	Element	Funktion
39 HOLD (Drucktaste)	Sicherung des auf dem Bildschirm sichtbaren Speicherinhalts	45 RESET (Tiptaste; LED)	Bereitet auf Einzelereignis-Erfassung vor. LED zeigt Aufnahmebereitschaft an. LED erlischt nach Signalerfassung.
40 REF. (Drucktaste)	Übernahme der momentan sichtbaren Daten in den Referenzspeicher.	46 PRETRIG. (Drucktaste)	Erfassung der Signal-Vorgeschichte mit 50% Pretrigger bezogen auf die Bildschirmdarstellung.
41 DISP. REF (Drucktaste)	Darstellung des Referenzspeicher-Inhalts	47 X-MAG. STOR. x5 (Drucktaste)	Zusätzliche X-Dehnung im Speicherbetrieb um den Faktor 5
42 ROLL (Drucktaste)	Zur Umschaltung auf ROLL-Betrieb (50s/Div. bis 100ms/Div.).	48 ms/s (Drucktaste)	Bei gedrückter Taste werden die gestrichelt umrandeten Werte der TIME/DIV.-Skala um den Faktor 1000 erweitert. (Sekunden-Zeitbereich)
43 SINGLE SHOT (Drucktaste)	Einzelablenkung. Verhindert weitere periodische Zeitablenkungen.	49 REF-POS. (Drehknopf)	Verschiebung des Referenzsignals auf dem Bildschirm in Y-Richtung.
44 STOR. (Drucktaste und LED)	Schaltet das Oszilloskop von Analog- auf Speicherbetrieb um. LED zeigt den Betriebszustand an (Dauerlicht). Blinkt, wenn Zeitbereich falsch gewählt.		

Bedienungselemente HM 1007 (Kurzbeschreibung – Frontbild)

Element	Funktion	Element	Funktion
① POWER on/off (Taste + LED-Anzeige)	Netz Ein/Aus; Leuchtdiode zeigt Betriebszustand an.	②① Y-POS. I (Drehknopf)	Einstellung der vertikalen Position des Strahles für Kanal I.
② X-POS. (Drehknopf)	Strahlverschiebung in horizontaler Richtung (nicht im XY-Speicherbetrieb).	②② GD-AC-DC (Drucktasten)	Tasten für die Eingangssignalankopplung von Kanal I. AC/DC-Taste gedrückt: direkte Ankopplung; AC/DC-Taste nicht gedrückt: Ankopplung über einen Kondensator; GD-Taste gedrückt: Eingang vom Signal getrennt, Verstärker an Masse geschaltet.
③ X-Y (Drucktaste)	Umschaltung auf XY-Betrieb. Zuführung der horiz. Ablenkspannung über den Eingang von Kanal II. Achtung! Bei fehlender Ablenkung Einbrenngefahr.	②③ INPUT CH. I (BNC-Buchse)	Signaleingang Kanal I. Eingangsimpedanz 1MΩ/25pF.
④ X-MAG. x10 (Drucktaste)	Dehnung der X-Achse um den Faktor 10. Max. Auflösung 5ns/cm.	②④ VOLTS/DIV. (10stufig. Drehschalter)	Eingangsteiler für Kanal I. Bestimmt die Y-Ablenkkoeffizienten in 1-2-5 Schritten und gibt den Umrechnungsfaktor an (V/cm, mV/cm).
⑤ HOLD OFF (Drehknopf)	Verlängerung der Holdoff-Zeit zwischen den Ablenkperioden. Grundstellung = Linksanschlag.	②⑤ INV. CH. I (Drucktaste)	Invertierung der Signaldarstellung von Kanal I. In Verbindung mit gedrückter ADD-Taste = Differenzdarstellung.
⑥ AUTO/NORM (Drucktaste)	Taste nicht gedrückt: Zeitlinie auch ohne Signal sichtbar, Triggerng autom. Taste gedrückt: Zeitlinie nur mit Signal, Normaltriggerng mit LEVEL	②⑥ VAR. GAIN (Drehknopf)	Feineinstellung der Y-Amplitude (Kanal I). Vermindert die Verstärkung max. um den Faktor 2,5. Kalibrierung am Rechtsanschlag (Pfeil nach rechts zeigend).
⑦ TRIG. SEL. (Drucktaster) AC-DC-HF-LF-~-TV (LED-Anzeigen)	Wahl der Triggerankopplung: AC: 10Hz–40MHz. DC: 0–40MHz. HF: 40kHz–130MHz. LF: 0–1kHz. ~: Triggerng mit Netzfrequenz. TV: Triggerng für Bild und Zeile. LED zeigt Triggerkopplung an.	②⑦ Y MAG. x5 (Drucktaste)	Erhöht die Y-Verstärkung von Kanal I um den Faktor 5 (max. 1mV/cm).
TRIG. (LED-Anzeige)	TR: Anzeige leuchtet, wenn Zeitbasis getriggert wird.	②⑧ CH I/II-TRIG. I/II (Drucktaste)	Keine Taste gedrückt: Kanal I-Betrieb und Triggerng von Kanal I. Taste gedrückt: Kanal II-Betrieb und Triggerng von Kanal II. (Triggerngumschaltung bei DUAL-Betr.).
⑧ TIME/DIV. (23stufiger Drehschalter)	Bestimmt Zeitkoeffizienten. Analog: 0.05µs/cm–1s/cm, Digital: 5µs/cm bis 50s/cm.	②⑨ DUAL (Drucktaste)	Taste nicht gedrückt: Einkanalbetrieb. Taste DUAL gedrückt: Zweikanalbetrieb mit alternierender Umschaltung. DUAL und ADD gedrückt: Zweikanalbetrieb mit Chopper-Umschaltung.
⑨ Variable Zeitbasiseinstellung (Drehknopf)	Feineinstellung der Zeitbasis. Vermindert Zeitablenkgeschwindigkeit max. 2,5fach (nur im Analogbetrieb). Cal.-Stellung am Rechtsanschlag (Pfeil nach rechts).	CHOP.	
⑩ TLD (Drucktaste)	Schaltet die Triggerpegel-Anzeige ein.	③⑩ ADD (Drucktaste)	ADD allein gedrückt: Algebr. Addition. In Kombination mit INV. Tasten: Differenzbetrieb.
⑪ SLOPE +/- (Drucktaste)	Wahl der Triggerflanke. Taste nicht gedrückt: ansteigend, Taste gedrückt: fallend.	③① OVERSCAN (LED-Anzeigen)	Richtungsanzeigen. Leuchten auf, wenn der Strahl den Bildschirm in vertikaler Richtung verläßt.
⑫ LEVEL (Drehknopf)	Trigger-Pegeleinstellung.	③② Y MAG. x5 (Drucktaste)	Erhöht die Y-Verstärkung von Kanal II um den Faktor 5 (max. 1mV/cm).
⑬ TRIG. INP. (BNC-Buchse)	Eingang für externes Triggersignal. Taste TRIG. EXT. gedrückt.	③③ VOLTS/DIV. (10stufig. Drehschalter)	Eingangsteiler Kanal II. Bestimmt die Y-Ablenkkoeffizienten in 1-2-5 Schritten und gibt den Umrechnungsfaktor an (V/cm, mV/cm).
TRIG. EXT. (Drucktaste)	Umschaltung auf externe Triggerng. Signalführung über BNC-Buchse TRIG. INP.	③④ INV. CH. II (Drucktaste)	Invertierung von Kanal II. In Verbindung mit gedrückter ADD-Taste = Differenzdarstellung.
⑭ INTENS. (Drehknopf)	Helligkeitseinstellung für den Kathodenstrahl.	③⑤ VAR. GAIN (Drehknopf)	Feineinstellung der Y-Amplitude (Kanal II).
⑮ TR Trimpotentiometer (Einstellung mit Schraubenzieher)	Trace Rotation (Strahldrehung). Dient zur Kompensation des Erdmagnetfeldes. Der horizontale Strahl wird damit parallel zum Raster gestellt.	③⑥ INPUT CH. II (BNC-Buchse)	Signaleingang Kanal II und Eingang für Horizontalablenkung im XY-Betrieb.
⑯ FOCUS (Drehknopf)	Schärfereinstellung für den Kathodenstrahl.	③⑦ AC-DC-GD (Drucktasten)	Tasten für die Eingangssignalankopplung von Kanal II. Sonst wie ②②.
⑰ ILLUM. (Drucktaste)	Rasterbeleuchtung Ein/Aus.	③⑧ Y-POS. II (Drehknopf)	Einstellung der vertikalen Position des Strahles für Kanal II. Im XY-Analog-Betrieb außer Funktion.
⑱ GND	Massebuchse		
⑲ 0.2V-2V	Ausgänge des Rechteck-Kalibrators 0,2V _{ss} und 2V _{ss} .		
⑳ CAL. 1kHz/1MHz (Drucktaste)	Frequenz des Kalibrator-Ausgangs. Taste nicht gedrückt: ca. 1kHz, Taste gedrückt: ca. 1MHz.		

HAMEG®

Instruments

Oscilloscopes
Multimeters
Counters
Frequency
Synthesizers
Generators
R- and LC-
Meters
Spectrum
Analyzers
Power Supplies
Curve Tracers
Time Standards

Germany

HAMEG GmbH

Kelsterbacher Str. 15-19
60528 FRANKFURT am Main
Tel. (069) 67805-0
Telefax (069) 6780513

France

HAMEG S.a.r.l

5-9, av. de la République
94800-VILLEJUIF
Tél. (1) 4677 8151
Telefax (1) 4726 3544

Spain

HAMEG S.L.

Villarroel 172-174
08036 BARCELONA
Teléf. (9) 3 4301597
Telefax (9) 3 3212201

Great Britain

HAMEG LTD

74-78 Collingdon Street
LUTON Bedfordshire LU1 1RX
Phone (0582) 413174
Telefax (0582) 456416

United States of America

HAMEG, Inc.

1939 Plaza Real
OCEANSIDE, CA 92056
Phone (619) 630 4080
Telefax (619) 630 6507

HAMEG, Inc.

266 East Meadow Avenue
EAST MEADOW, NY 11554
Phone (516) 794 4080
Toll-free (800) 247 1241
Telefax (516) 794 1855

Hong Kong

HAMEG LTD

Flat 1, 4/F.
Crown Industrial Building
106 How Ming St., Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
Phone (852) 2 793 0218
Telefax (852) 2 763 5236