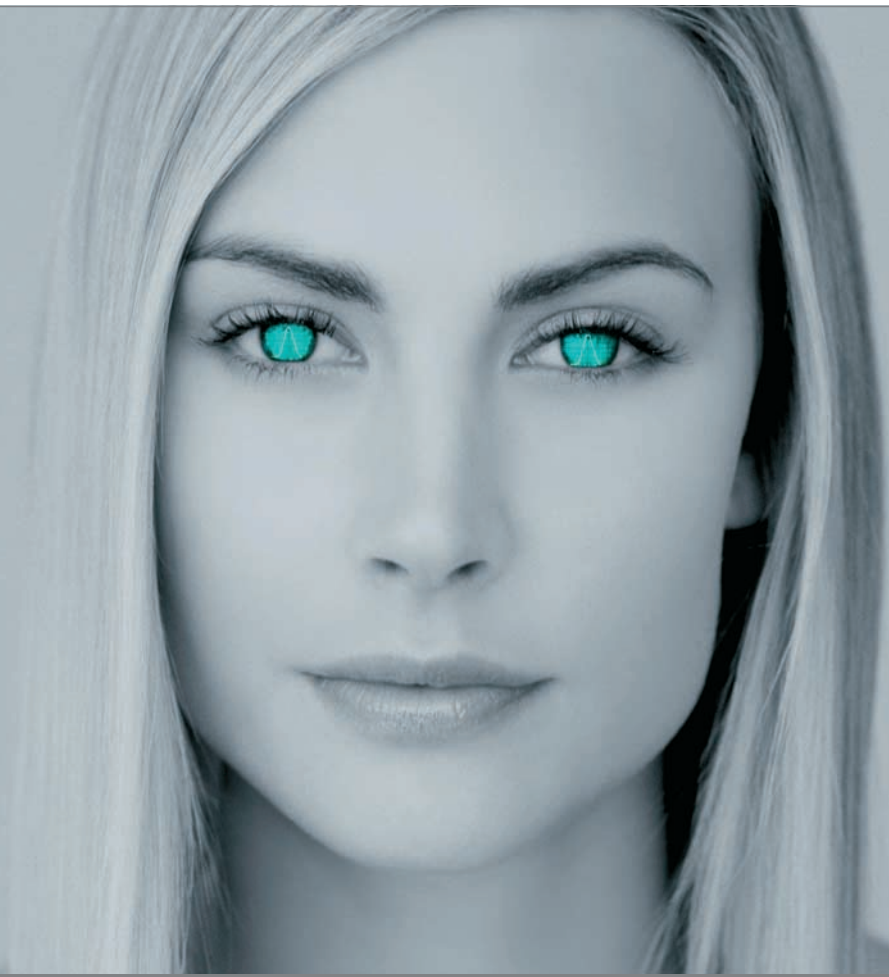
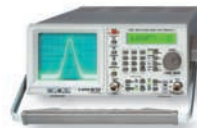


P R E C I S I O N .

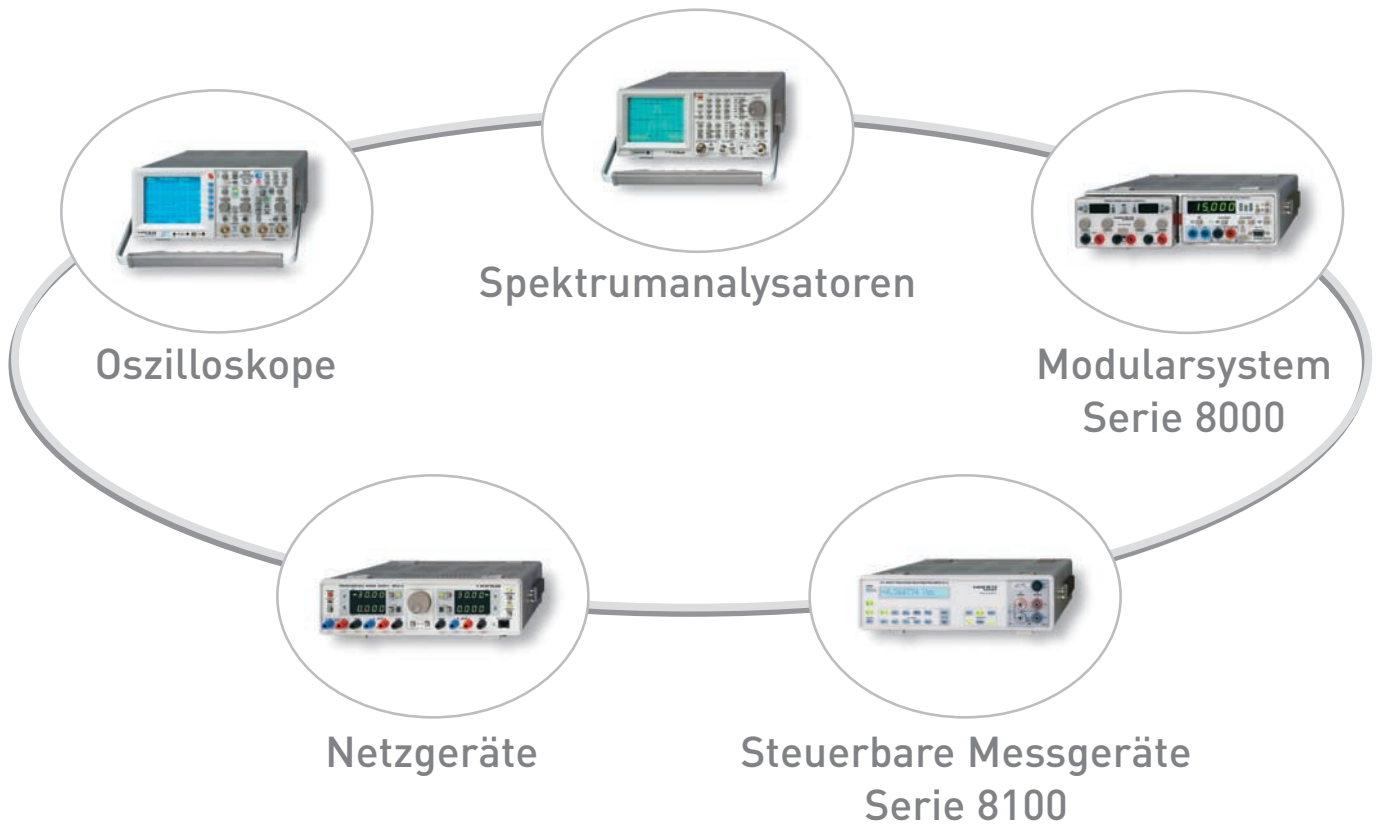


P r o d u k t e 2 0 0 5 / 2 0 0 6



HAMEG[®]
Instruments

HAMEG Inhaltsverzeichnis



Oszilloskope 4

	Fachartikel:	
	HAMEG Oszilloskope	5
HM1508	150 MHz Analog-/Digital-CombiScope	12
HM1008	100 MHz Analog-/Digital-CombiScope	13
HM507	50 MHz Analog-/Digital-Oszilloskop	14
HM2005	200 MHz Analog-Oszilloskop	15
HM1500	150 MHz Analog-Oszilloskop	16
HM1000	100 MHz Analog-Oszilloskop	17
HM504-2	50 MHz Analog-Oszilloskop	18
HM303-6	35 MHz Analog-Oszilloskop	19

Spektrumanalysatoren 20

	Fachartikel:	
	HAMEG Spektrumanalysatoren	21
HM5510	1 GHz Spektrumanalysator	28
HM5511	1 GHz Spektrumanalysator mit Tracking Generator	28
HM5012-2	1 GHz Spektrumanalysator mit Readout und RS-232	29
HM5014-2	1 GHz Spektrumanalysator mit Tracking-Generator, Readout u. RS-232	29

EMV-Messtechnik 30

	Fachartikel:	
	HAMEG EMV-Messtechnik	31
HZ530	Nahfeldsonden	38
HM6050-2	V-Zweileiter Netznachbildung	39

Netzgeräte 40

	Fachartikel:	
	HAMEG Netzgeräte	41
HM7042-5	Dreifach-Netzgerät 2x 0-32V/0-2 A und 0-5,5V/0-5 A	46
HM7044	Vierfach Hochleistungs-Netzgerät 4x 0-32V/0-3 A	47
HM8143	Arbitrary Netzgerät 2x 0-30V/0-2 A und 5V/0-2 A	48
HM8040-3	Dreifach-Netzgerät (Modul) 2x 0-20V/0,5 A und 5V/1 A	49

Steuerbare Messgeräte Serie 8100 50

	Fachartikel:	
	HAMEG Programmierbare Systemgeräte	51
HM8112-3	6½-Digit Präzisionsmultimeter	56
HM8115-2	8 kW Leistungsmessgerät	57
HM8123	2,6 GHz Universalzähler	58
HM8130	10 MHz Funktionsgenerator	59
HM8131-2	15 MHz Arbitrary Funktionsgenerator	60
HM8134-3	1,2 GHz HF-Synthesizer	61
HM8135	3 GHz HF-Synthesizer	62
HM8143	Arbitrary-Netzgerät 2x 0-30V/0-2 A und 5V/0-2 A	63

Modularsystem Serie 8000 64

	Fachartikel:	
	HAMEG Modularsystem Serie 8000	65
HM8001-2	Grundgerät	72
HM8003	Grundgerät (Einzelmodul)	73
HM8010	4¾-Digit Multimeter	74
HM8012	4¾-Digit programmierbares Multimeter	75
HM8014	3½-Digit Milliohmometer	76
HM8015	3 kW Leistungsmessgerät	77
HM8018	3½-Digit LC-Meter	78
HM8021-4	1,6 GHz Universalzähler	79
HM8027	Klirrfaktor-Messbrücke	80
HM8030-6	10 MHz Funktionsgenerator	81
HM8035	20 MHz Impulsgenerator	82
HM8037	50 kHz klirrarmer Sinusgenerator	83
HM8040-3	Dreifach-Netzgerät (Modul) 2x 0-20V/0,5 A und 5V/1 A	84
HM800	Leermodul	85

Bauteiletester 86

HM6042	Kennlinienschreiber	87
--------	---------------------	----

Optionen 88

H079-6	Multifunktions-Interface für Oszilloskope	89
H082	IEEE Interfacekarte (PCI)	90
H083	IEEE Interfacekarte (PCMCIA)	90
H0880	IEEE-488 Schnittstelle	91
H0890	RS-232 Schnittstelle	91

Zubehör 92

Messleitungen	93
Adapter	95
Tastköpfe	96
Interfaces / Kabel	98
Messaufnehmer / Tester	99
Prüfadapter / Allgemeines Zubehör	101
Spektrumanalysatoren	102
Einbausätze	103

Technische Daten 104

Oszilloskope Vergleichstabellen	105
Oszilloskope	107
Spektrum-Analysatoren Vergleichstabelle	114
Spektrum-Analysatoren	115
Netzgeräte Vergleichstabelle	117
Netzgeräte	118
Steuerbare Messgeräte Serie 8100	120
Modularsystem Serie 8000	127

Index 133
Kontakt 135

Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Systemgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Bauteiletester

Optionen

Zubehör

Technische Daten



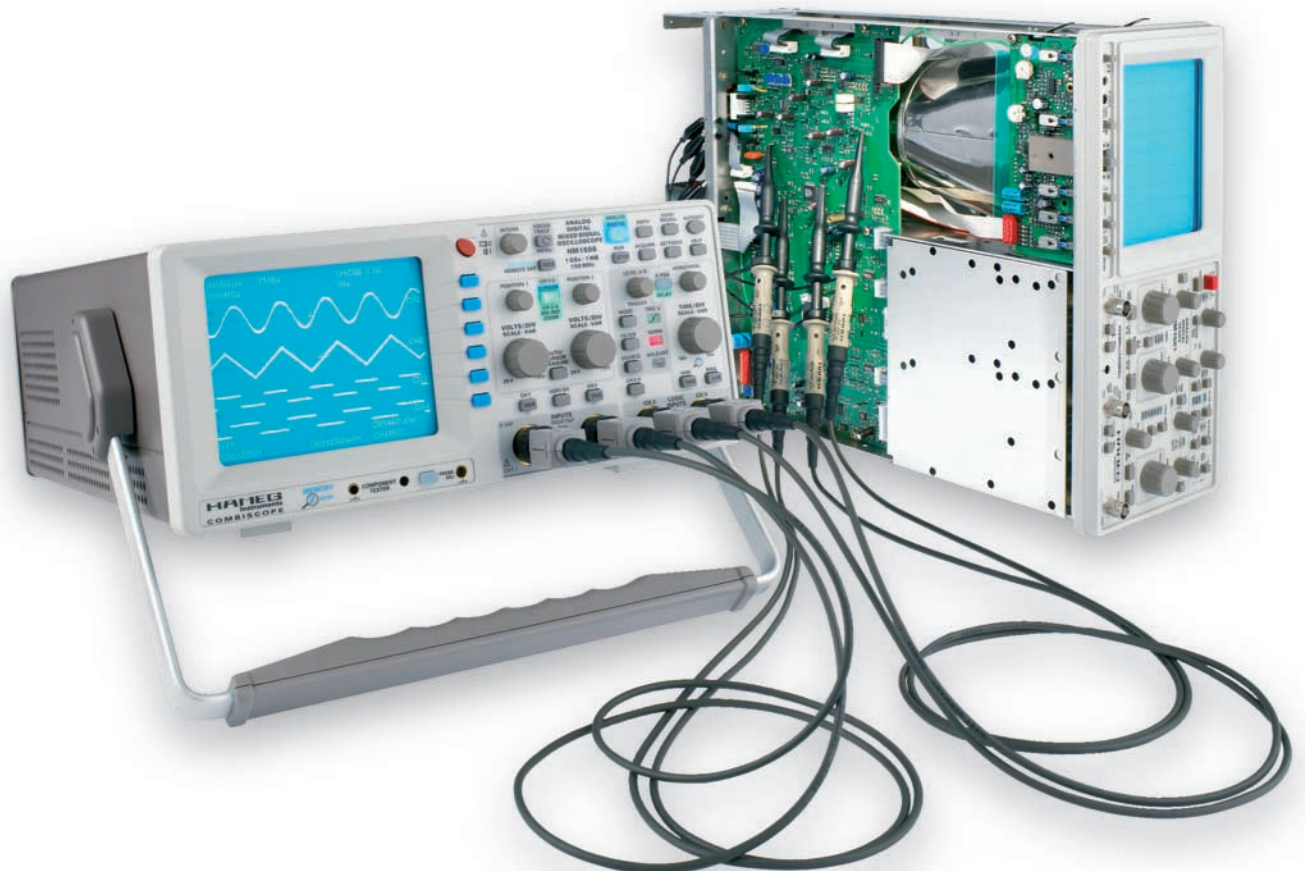
HAMEG Oszilloskope

Oszilloskope sind nicht ersetzbar ...

... nur sie ermöglichen eine ganzheitliche Darstellung des Messsignals.

... nur sie zeigen den zeitlichen Verlauf von Spannungen an.

Die Bedeutung der Signalformdarstellung wird dann klar, wenn man die beiden Alternativen zu Oszilloskopen — Multimeter und Frequenzzähler — betrachtet: Beide bieten zwar eine höhere Messgenauigkeit, doch führt die fehlende Signalformdarstellung leicht zu Fehlmessungen.



So kommt es z. B. bei der Spannungsmessung von impulsförmigen Signalen, deren Tastverhältnis nicht exakt 1:1 ist, zu falschen Messergebnissen. Das gilt insbesondere, wenn komplexe Signale vorliegen.

Bei Frequenzmessungen gibt es vergleichbare Probleme. Hier werden ideale Sinus-, Dreieck- oder Rechtecksignale vorausgesetzt. Komplexe Signale führen auch hier zu Fehlmessungen.

Ein Beispiel für ein solches Signal ist ein FBAS-Signal. Es enthält 50 Hz Bildsynchronimpulse, 15,625 kHz Zeilensynchronimpulse und den Bildinhalt mit Frequenzen von wenigen Hertz bis ca. 5 MHz.

Wird ein derartiges Signal mit einem Frequenzzähler gemessen, bestimmt die zufällige Wahl des Triggerpunktes, welche Frequenz angezeigt wird. Je nachdem wie der Triggerpunkt gewählt ist, wird die Frequenz der Synchronimpulse oder des Bildinhalts gemessen. Das lässt sich mit den meisten HAMEG Oszilloskopen sehr gut demonstrieren, denn sie zeigen nicht nur das Signal an, sondern verfügen auch über Frequenzzähler. Die Einstellung des Triggerpunktes erfolgt bei Oszilloskop und Frequenzzähler gleich, nur sieht man den Triggerpunkt beim Zähler nicht.

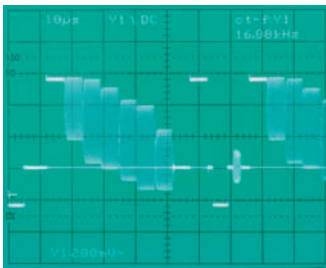


Bild 1: FBAS-Signal (HAMEG Gerät)

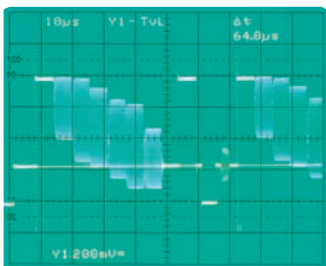


Bild 2: Zeitmessung mit Cursorlinien (HAMEG Gerät)

Bild 1 zeigt ein FBAS-Signal. Wie am linken Rasterrand zu sehen, befindet sich das Triggerpunkt-Symbol auf dem Niveau der Synchronimpulse. Diese Information kann ein Frequenzzähler weder erfassen noch anzeigen, was auch für den im Oszilloskop enthaltenen Frequenzzähler gilt. Das Messergebnis wird mit dem Readout oben rechts angezeigt (16.00 kHz), müsste aber 15.625 kHz (Zeilenfrequenz) betragen. Die Ursache für die Abweichung sind die Vor- und Nachtrabanten der Bildsynchronimpulse sowie der Halbzeilenabstand der Bildsynchronimpulse. Wie in Bild 2 zu sehen, ergibt eine manuell durchgeführte Cursor-Messung einen Zeilenabstand von 64,0µs und damit eine Zeilenfrequenz von 15,625 kHz.

Befindet sich der Triggerpunkt in Höhe des Bild- bzw. Zeileninhalts, sind die Abweichungen noch größer. Je nach Einstellung werden unterschiedliche Messwerte angezeigt. In Bild 3 werden z.B. 1,76 MHz angezeigt,

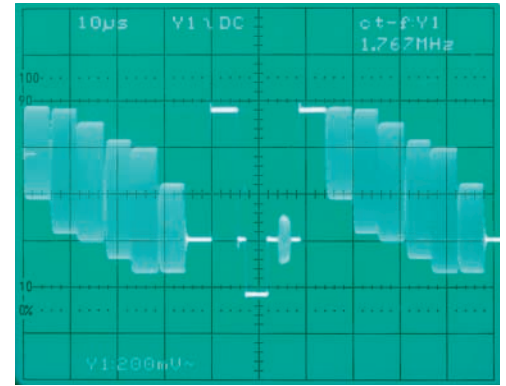


Bild 3: Frequenzzähler zeigt 1,76 MHz an (HAMEG Gerät)

obwohl bei diesem Signal die Frequenz 4,43 MHz dominiert. Ursache ist, dass das 4,43 MHz Farbsignale – wie zu sehen – nicht konstant vorhanden ist, sondern durch Synchronimpulse und andere Signale unterbrochen wird. Auch hier kann nur die auf der Signalanzeige basierende Cursormessung zum richtigen Ergebnis führen.

Ohne Oszilloskop muss man den Messergebnissen von Multimetern und Frequenzzählern im wahrsten Sinne des Wortes „blind“ vertrauen, was bei komplexen Signalen leicht ins Auge gehen kann. Das betrifft selbst „einfache“ Signale wie ein 50 Hz Netz-Sinussignal, das häufig durch Überlagerungen und durch Phasenanschnittsteuerungen ungewollt zum komplexen Signal mutiert ist.

Die Bedeutung der Signaldarstellung ist also sehr groß und mit ihr die Bedeutung des Oszilloskops.

Was resultiert aus der Bedeutung der Signaldarstellung?

Die Antwort ist einfach: Die Signaldarstellung soll das Messsignal genauso darstellen, wie es am Messpunkt vorhanden ist, damit der Informationsgehalt möglichst hoch ist!

Leider ist diese Forderung prinzipiell unerfüllbar, aber die HAMEG Ingenieure bemühen sich, der Erfüllung so nahe wie möglich zu kommen. Dabei gibt es eine Vielzahl von Kriterien, die hier aus Platzgründen nicht alle aufgeführt werden können. Die wichtigsten sind:

Eigenanstiegszeit

Dass bei endlicher Bandbreite auch Messverstärker von HAMEG Oszilloskopen eine Eigenanstiegszeit aufweisen, lässt sich nicht vermeiden. Allerdings kann die Eigenanstiegszeit durch den Kauf eines Oszilloskops mit größerer Bandbreite (= geringerer Anstiegszeit) deutlich reduziert werden, so dass Anstiegszeitmessungen an Messobjekten mit geringer Anstiegszeit genauer werden. Bild 4 zeigt einen derartigen Anwendungsfall.

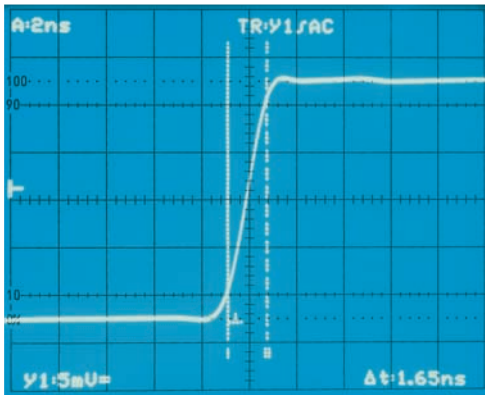


Bild 4: Rechteck mit Eigenanstiegszeit < 1 ns (HAMEG Gerät)

Überschwingen

Ein Beispiel dafür, dass HAMEG Oszilloskope der Forderung nach Signaltreue entsprechen, ist das Rechteckverhalten der Messverstärker. Es wird mit einem Rechtecksignal getestet, das praktisch kein Überschwingen aufweist, obwohl seine Anstiegszeit weniger als 1 ns beträgt.

Wird dieses Rechtecksignal trotzdem mit Überschwingen dargestellt, liegt ein Designfehler des Messverstärkers vor. Bild 5 zeigt die Darstellung eines aus Fernost stammenden Oszilloskops. Mit diesem Gerät hat der

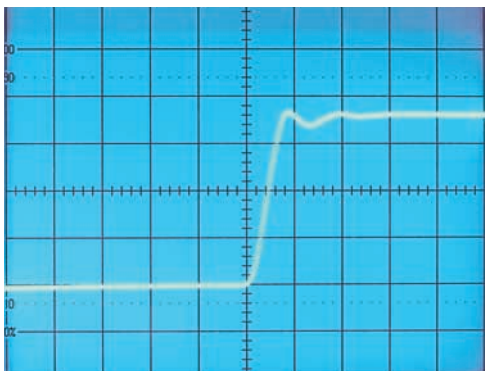


Bild 5: Fremdfabrikat verfälscht Signaldarstellung durch Überschwingen

Anwender keine Möglichkeit, die Qualität eines rechteckförmigen Signals hinsichtlich seines Überschwingens zu überprüfen, denn die Anteile des Signal- und des Oszilloskop-Überschwingens lassen sich bei der Signaldarstellung nicht trennen.

Wie in Bild 6 zu sehen, zeigt ein HAMEG Oszilloskop mit der gleichen Bandbreite das selbe Signal ohne Überschwingen und bietet damit die Basis für eine fundierte Signalbeurteilung: Wird mit dem HAMEG Oszilloskop Überschwingen angezeigt, stammt es nicht vom Oszilloskop.

Jittern

Bild 7 zeigt ein Schirmbildfoto eines Mitbewerbergerätes. Die Breite der Anstiegsflanke zeigt an, dass Jittern vorliegt, obwohl das Signal nicht jitters. Durch das Jittern des Oszilloskops geht die Information über das Jittern der Signalquelle verloren. Die Größe des Jitterns ist aber für viele Anwendungsfälle eine wichtige Information.

Leider ist Jittern unvermeidlich und wird bei Oszilloskopen z.B. durch Rauschen, Triggerkomparatoren und den Zeitbasisgenerator bewirkt. Auch hier kann man nur versuchen, es so gering wie möglich zu halten. Andernfalls sind die vom Signal und die vom Oszilloskop stammenden Anteile nicht auseinander zu halten. Mit Bild 8 wird dokumentiert, dass ein HM2005 das selbe Signal ohne Jittern zeigt.

Rauschen

HAMEG legt großen Wert auf geringes Rauschen der Oszilloskop-Messverstärker. Es genügt schließlich, wenn das Messobjekt rauscht.

Der Einsatz aufwändiger 8 Bit Flash A/D-Wandler in HAMEG Analog-/Digital-Oszilloskopen führt dazu, dass man in den meisten Fällen erst auf das Readout blicken muss, um zu erkennen, ob gerade Digitalbetrieb vorliegt oder nicht. Bei relativ einfachen „Nur-Digital“-Oszilloskopen hat man derartige „Probleme“ nicht, die rauschen — wie Bild 9 zeigt — immer. Bild 10 zeigt die Strahlлиндarstellung eines HAMEG Oszilloskops bei Digitalbetrieb. Rauschen ist fast nicht zu sehen.

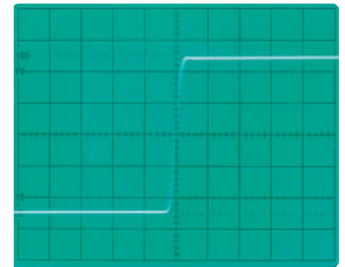


Bild 6: Signaldarstellung mit gutem Messverstärker (HAMEG Gerät)

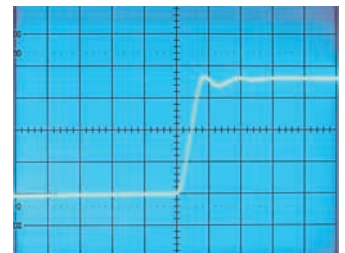


Bild 7: Fremdfabrikat zeigt Anstiegsflanke mit Jitter, ...

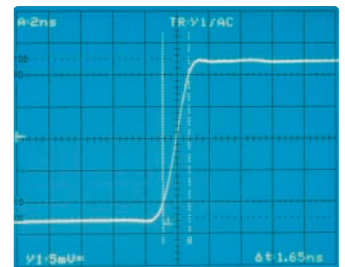


Bild 8: ... obwohl die Anstiegsflanke nicht jitters! (HAMEG Gerät)

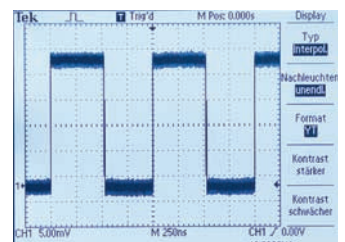


Bild 9: Rauschen eines „Nur-Digital“-Oszilloskop (Fremdfabrikat)

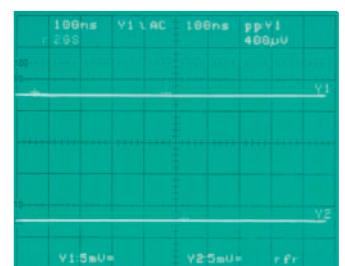


Bild 10: Fast kein Rauschen im Digitalbetrieb (HAMEG Gerät)

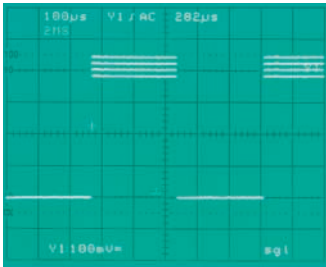


Bild 11: Scheinbar niederfrequente, „springende“ Überlagerung (HAMEG Gerät)

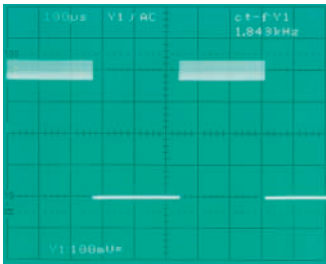


Bild 12: Analogbetrieb offenbart: Die Frequenz der Überlagerung ist hoch (HAMEG Gerät)

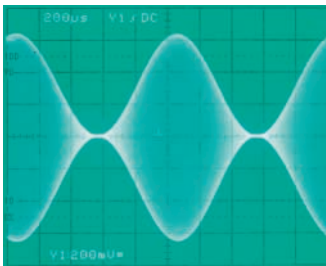


Bild 13: AM mit Modulationsgrad 100 % im Analogbetrieb (HAMEG Gerät)

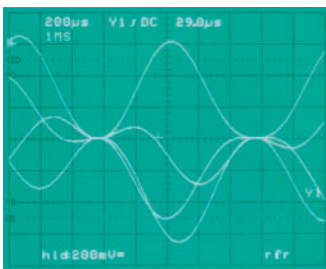


Bild 14: Amplitudenmoduliertes Signal im Digitalbetrieb aufgenommen (HAMEG Gerät)

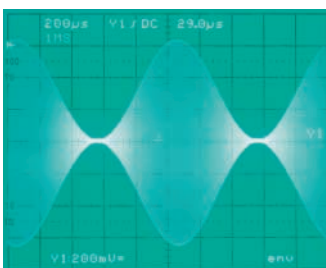


Bild 15: Digitalbetrieb, aber mit Envelope-Erfassung (HAMEG Gerät)

Natürlich kann man Rauschen durch Mittelwertbildung (Average) beseitigen. Allerdings beseitigt man damit auch die Information über das tatsächliche Rauschen der Signalquelle.

Signalerfassungs- und Darstellungshäufigkeit

Ein weiteres Kriterium ist die Häufigkeit, mit der ein Signal erfasst und dargestellt wird. Mit höherer Signalerfassungs- und Darstellungshäufigkeit steigen die Chancen, zusätzliche Informationen zu sehen. Wie viele Signaldarstellungen in der Sekunde möglich sind, hängt von der Signalfrequenz und der Zeitbasiseinstellung des Oszilloskops ab. Im Analogbetrieb können 500.000 bis 2,5 Millionen Signaldarstellungen in der Sekunde erfolgen. Diese Zahl verdeutlicht die Vorteile einer Kathodenstrahlröhre. Solche Werte werden weder mit einer Grafikkarte noch mit einem LCD erreicht. Mit geringerer Zahl der Signaldarstellungen pro Sekunde werden Überlagerungen eines Signals im Digitalbetrieb nicht richtig dargestellt (siehe Bild 11). Bild 12 zeigt dasselbe Signal im Analogbetrieb und damit die wahren Verhältnisse.

Das nächste Beispiel (Bild 13) zeigt diesen Sachverhalt noch deutlicher: Im Analogbetrieb wird ein amplitudenmoduliertes Signal angezeigt. Der Signaldarstellung lässt sich ohne Mühe entnehmen, dass der Modulationsgrad 100 % und die Modulationsfrequenz 1 kHz beträgt. Demgegenüber fällt es im Digitalbetrieb schwer auch nur zu erkennen, dass es sich um ein amplitudenmoduliertes Signal handelt (Bild 14).

Erfolgt die digitale Signalerfassung des AM-Signals im Envelope-Betrieb, scheint, wie Bild 15 zeigt, das Problem der Signalerkennbarkeit gelöst. Das gilt aber nur für den Fall, dass sich Modulationsgrad und -frequenz nicht ändern, denn im Envelope-Betrieb wird immer der einmal erfasste Maximalwert angezeigt. Also ist Envelope-Betrieb auch keine Lösung um Modulationsmessungen vorzunehmen.

Die hier beschriebenen Nachteile des Digitalbetriebs treffen auf Mitbewerber zu, deren „Nur-Digital“-Oszilloskope sich nicht auf Analogbetrieb umschalten lassen.

Schärfe und Strahlhelligkeit

Zur Signaldarstellung gehört natürlich auch eine gute Ablesbarkeit, welche eine gute Schärfe und Strahlhelligkeit voraussetzt. Das ist schon heute bei Strahlröhren mit 2.000 Volt Beschleunigungsspannung der Fall, so wie sie im HM303-6, HM504 und HM507 eingesetzt werden.

Die Oszilloskope HM1000, HM1008, HM1500, HM1508 und HM2005 haben noch bessere Eigenschaften, da sie mit Strahlröhren ausgerüstet sind, die mit 2.000 Volt Beschleunigungs- und 12.000 Volt Nachbeschleunigungsspannung arbeiten. Damit steht eine sehr hohe Strahlhelligkeitsreserve zur Verfügung. Sie ist für Oszilloskope mit zweiter Zeitbasis, zur Darstellung stark gedehnter Signalausschnitte besonders wichtig.

Die zweite Zeitbasis eines HM1507-3 steht auch im Digitalbetrieb zur Verfügung und ermöglicht die 200.000fache X-Dehnung eines 10 MHz Sinussignals (siehe Bild 16), das mit der A-Zeitbasis mit 20 ms/cm und

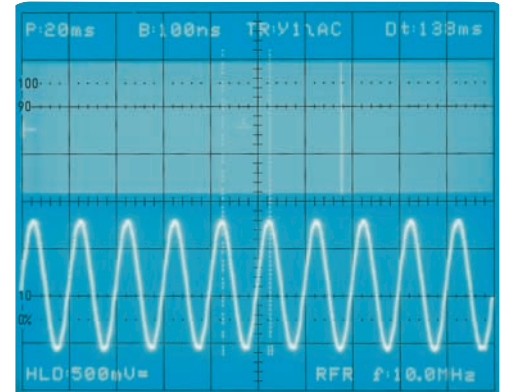


Bild 16: Signal im Helltasektor 200.000-fach gedehnt

mit der B-Zeitbasis mit 100 ns/cm angezeigt wird. Eine so hohe Dehnung ist nur im Digitalbetrieb sinnvoll durchführbar, da sich dabei – im Gegensatz zum Analogbetrieb – die Strahlhelligkeit mit höherer Dehnung nicht verringert. Mit einem reinen Analog-Oszilloskop wäre unter diesen Bedingungen kaum noch etwas zu sehen.

Auflösung

Die Grenzen der Auflösung sind bei Analog-Oszilloskopen nur durch die Sehschärfe des Betrachters vorgegeben, denn der Elektronenstrahl kann in jede Position des Bild-

schirms abgelenkt werden. Einschränkungen der X- oder Y-Auflösung gibt es folglich nicht.

Demgegenüber ist die Auflösung bei Digital-Oszilloskopen prinzipbedingt begrenzt. Die Y-Auflösung wird durch den 8 Bit Analog/Digital-Wandler bestimmt, der zur Messsignalabtastung benutzt wird. In vertikaler Richtung stehen somit nur 256 Positionen zur Verfügung, 200 Positionen für den vertikalen Gesamt-Messrasterbereich. Das entspricht einer Y-Auflösung von 25 möglichen Signalpositionen pro Raster. Grafik 1 zeigt die Gesamtansicht des 8x10 großen Gesamt-Messrasters und Grafik 2 die Vergrößerung eines Rasters.

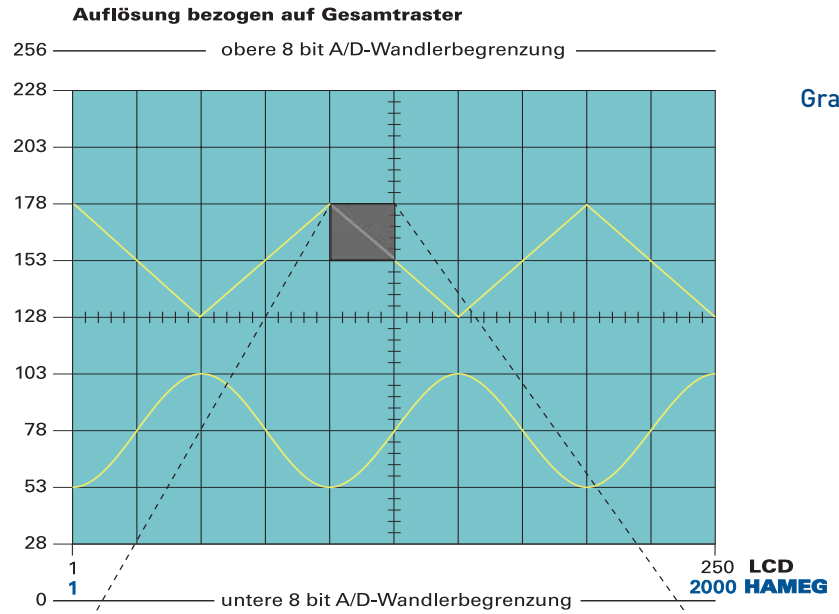
Bei „Nur-Digital“-Oszilloskopen mit LCD ist die X-Auflösung für die Signalanzeige in den meisten Fällen auf 250 Punkte begrenzt. Die Auflösung eines Rasters beträgt dann - wie mit Grafik 2 dargestellt - in X- und Y-Richtung jeweils 25 Abtastpunkte.

Mit 500 Punkten X-Auflösung über 10 Raster ist die Anzeige mit Monitorröhren schon besser (pro Raster 50 Punkte in X- und 25 Punkte in Y-Richtung), erreicht aber immer noch nicht die Auflösung, die HAMEG Oszilloskope im Digitalbetrieb bieten.

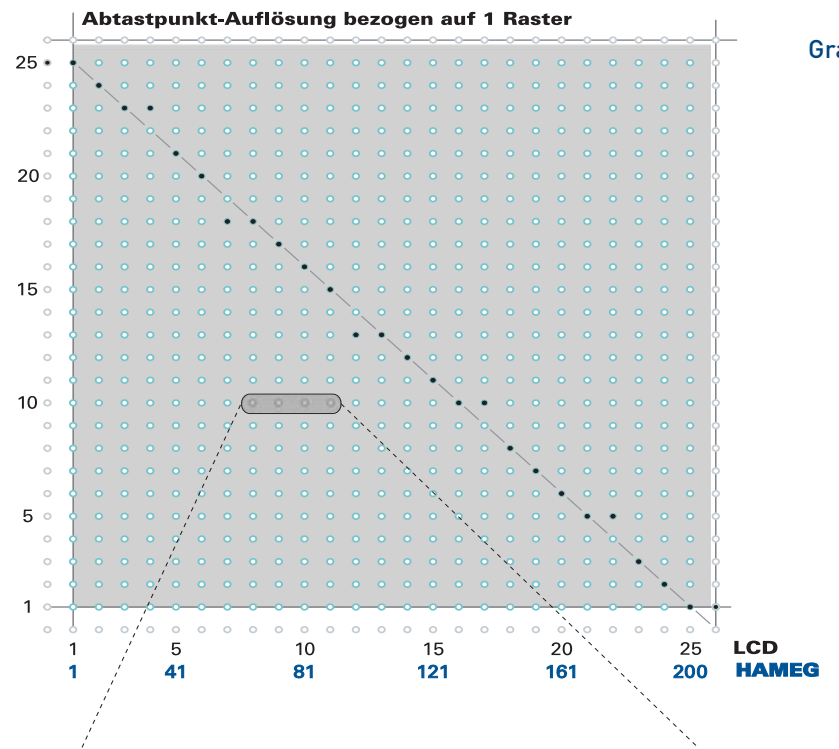
Der Vorteil einer Kathodenstrahlröhre ist, dass sie bei Digitalbetrieb die vollständige Anzeige des gesamten Speicherinhalts von 2.000 Abtastwerten über das Gesamt-Messraster ermöglicht. Die Auflösung pro Raster beträgt somit 200 Punkte in X- und 25 Punkte in Y-Richtung. Wie Grafik 3 zeigt, ist die X-Auflösung gegenüber LC-Anzeigen um den Faktor 8 höher, also muss auch die Abtastrate um diesen Faktor höher sein.

Speicher-, Anzeigauflösung und Abtastrate

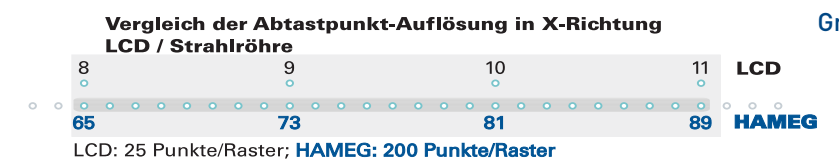
Diese drei Parameter stehen in einem direkten Verhältnis zueinander. Wie unter „Auflösung“ erwähnt, beträgt die Speichertiefe bei HAMEG Analog-/Digital-Oszilloskopen 2.000 Abtastpunkte (pro Kanal), die alle angezeigt werden. Das heißt, dass die Speichertiefe und die Anzeigauflösung gleich sind. Diese Feststellung ist deshalb von Bedeutung, da es auch Mitbewerbergeräte gibt, die eine höhere Zahl von Abtas-



Grafik 1



Grafik 2



Grafik 3

Grafik 1: Gesamt-Messraster

Grafik 2: Ein Messraster mit 25 Y- und 25 X-Abtastpunkten (LCD)

Grafik 3: 8 fach höhere Auflösung = kleinere Abtastlücken

tungen durchführen und speichern, anschließend aber nur jeden 10. Punkt anzeigen. Was sich auf eine Gesamtsignaldarstellung so auswirkt, als sei die Abtastung nur mit einem Zehntel der Abtastrate erfolgt.

Die höhere Auflösung der Anzeige bietet auch den Vorteil, dass die Signalerfassung der HAMEG-Oszilloskope mit einer höheren Abtastrate erfolgen muss. Damit wird die Gefahr von Aliassignal-Darstellungen stark vermindert.

Die Abtastrate, mit der eine Signalerfassung erfolgt, ist beim Digital-Oszilloskop von der gewählten Zeitbasiseinstellung, der Speichertiefe bzw. der Zahl der angezeigten Abtastpunkte (Anzeigtiefe) abhängig. Da die Speichertiefe und die Anzeigtiefe fest vorgegeben sind, ist für den Anwender nur die Zeitbasiseinstellung veränderbar und auch das nur in stark eingeschränktem Maße. Letztlich gibt die Zeitbasiseinstellung vor, denn zur Signalerkennung ist die Anzeige mindestens einer Signalperiode erforderlich.

Bei einer Speichertiefe von 2.000 Punkten und deren vollständiger Anzeige mit einer Strahlröhre, beträgt die X-Auflösung 200 Punkte pro Raster. Ist die Zeitbasis z.B. auf $10\ \mu\text{s}/\text{cm}$ (pro Raster) eingestellt, heißt das, dass 200 Abtastungen innerhalb von $10\ \mu\text{s}$ erfolgen müssen. Das Abtastintervall beträgt dann $10\ \mu\text{s} : 200 = 50\ \text{ns}$; d.h., das Signal wird in $50\ \text{ns}$ Abständen abgetastet. Somit beträgt die Abtastrate $1/50\ \text{ns} = 20\ \text{MSa/s}$ (20 Millionen Abtastungen (Samples) pro Sekunde). Der eigentliche Abtastvorgang erfolgt innerhalb weniger Pikosekunden. Signaländerungen zwischen 2 Abtastvorgängen werden normalerweise nicht erfasst.

Im Gegensatz dazu, können LC-Anzeigen oft nur 25 Abtastungen pro Raster anzeigen. Liegt wieder $10\ \mu\text{s}/\text{cm}$ als Zeitbasiseinstellung vor, beträgt das Abtastintervall $10\ \mu\text{s} : 25 = 400\ \text{ns}$. Dies entspricht einer Abtastfrequenz von $2,5\ \text{MSa/s}$. Eine geringere Anzeigtiefe (Auflösung) bedingt somit eine niedrigere Abtastrate.

Die Auswirkung in der Praxis wird anhand eines Beispiels beschrieben, wobei folgende Fakten zu berücksichtigen sind:

1. Die Periodendauer des Messsignals bestimmt die Zeitbasiseinstellung.
2. Bei der Erfassung sinusförmiger Signale müssen mindestens 10 Abtastungen pro Signalperiode erfolgen, da andernfalls eine Unterscheidung zwischen sinus- und dreieckförmigem Signal nicht möglich ist.

Daraus resultiert, dass die Abtastrate bei der Erfassung eines $5\ \text{MHz}$ Sinussignals $50\ \text{MSa/s}$ (Abtastfrequenz $50\ \text{MHz}$) betragen muss. In den meisten Fällen werden Signale mit relativ niedrigen Wiederholfrequenzen aufgezeichnet, die aber Signalanteile mit viel höheren Frequenzen enthalten.

Ein Beispiel dafür ist ein TV-Videosignal, in dem Signale bis $5\ \text{MHz}$ enthalten sein können, obwohl seine Halbbildfrequenz nur $50\ \text{Hz}$ und seine Zeilenfrequenz nur $15,625\ \text{kHz}$ ($64\ \mu\text{s}$ Periodendauer) beträgt. Um eine vollständige Zeile darzustellen, muss die Zeitbasiseinstellung $10\ \mu\text{s}/\text{cm}$ betragen. Bei einem „Nur-Digital“-Oszilloskop mit LCD, so wie Bild 17 es zeigt, beträgt die Abtastfrequenz dann $2,5\ \text{MHz}$. Infolgedessen dürf-

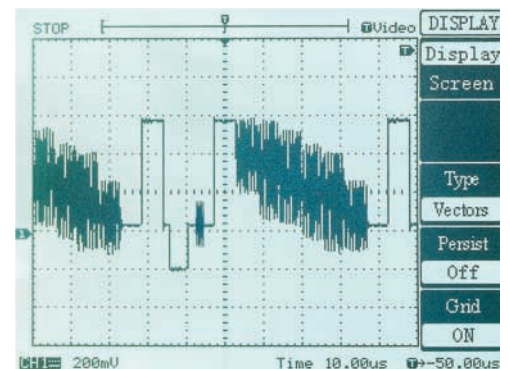


Bild 17: TV-Videosignal mit LCD angezeigt (Vektorgrafik Fremdfabrikat)

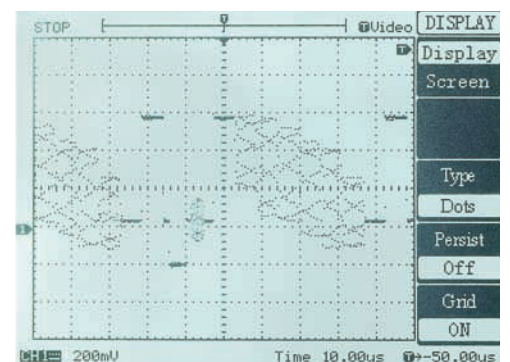


Bild 18: LCD zeigt TV-Videosignal in Punktdarstellung (Fremdfabrikat)

te die höchste Signalfrequenz nur 250 kHz betragen. Bild 18 zeigt das selbe Signal in Punktdarstellung.

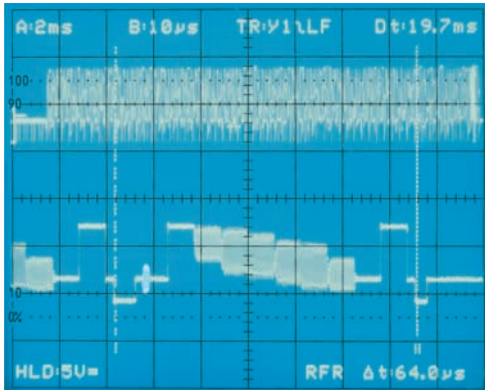


Bild 19: Videosignal mit Strahlröhre angezeigt (HAMEG Gerät)

Beim HAMEG Oszilloskop hat die Auflösung von 200 Abtastpunkten/cm in Verbindung mit 10 µs/cm eine Abtastrate von 20 MSa/s zur Folge, mit der immerhin noch 2 MHz mit 10 Punkten pro Signalperiode erfasst werden. Die obere Darstellung (A-Zeitbasis) von Bild 19 zeigt ein Halbbild; die untere Darstellung (B-Zeitbasis) eine Zeile.

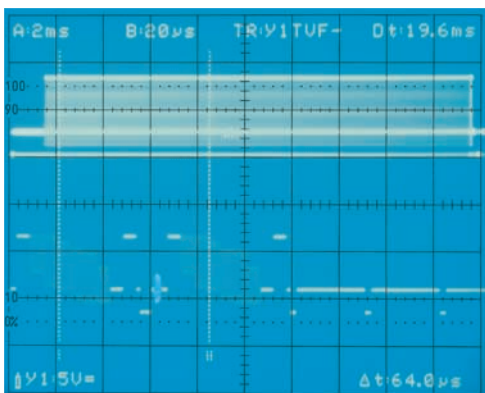


Bild 20: optimale Analogdarstellung eines Videosignals (HAMEG Gerät)

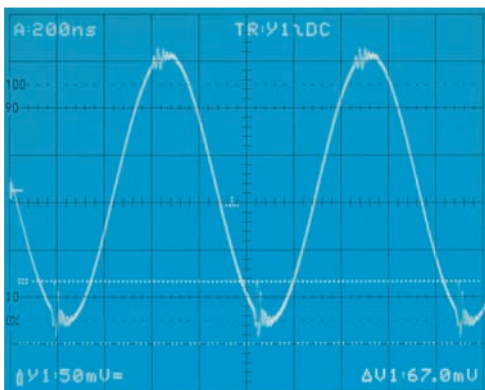


Bild 21: Analogdarstellung überlagerter Störungen (HAMEG Gerät)

Übrigens: Mit dem Umschalten auf Analogbetrieb steht die volle Oszilloskopbandbreite zur Verfügung und damit die optimale Signaldarstellung, natürlich unabhängig von der Zeitbasiseinstellung. Bild 20 beweist es.

Das gilt natürlich nicht nur für Videosignale, sondern auch für andere Signale. Bild 21 zeigt ein mit höherfrequenten Störungen überlagertes Sinussignal, das im Analogbetrieb aufgenommen wurde. Im Bereich des negativen Scheitelwertes beträgt die Amplitude der Störung ca. 67 mV_{SS}. Dasselbe Signal – im Digitalbetrieb aufgenommen – zeigt die Störung mit einer geringeren Amplitude. Im Bereich des positiven Scheitelwerts X sind die Störungen kaum noch wahrnehmbar (Bild 22).

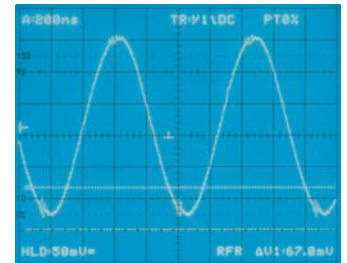


Bild 22: Digitalerfassung führt zu verfälschter Störungsamplitude (HAMEG Gerät)

Zusammenfassung

Die hier angesprochenen Eigenschaften beschreiben nur einen Bruchteil der wichtigsten Qualitätsmerkmale eines Oszilloskops. Gleichzeitig widerlegen sie die Behauptung, dass Analog-Oszilloskope nicht mehr „up to date“ sind.

Natürlich bietet ein Digital-Oszilloskop Vorteile bei der Einzelereigniserfassung, der Aufzeichnung sehr langsam ablaufender Vorgänge und der Signaldokumentation. Die Möglichkeit mit einer 2. Zeitbasis ohne Strahlintensitätsverlust extrem hohe X-Dehnungen zu realisieren sowie die Pre- und Post-Triggerfunktionen des Digital-Oszilloskops sind vielfach unverzichtbare Eigenschaften. Es hat aber auch viele Nachteile bei der Darstellung von sich kontinuierlich wiederholenden Signalen. Diese Nachteile zu beseitigen ist oft unmöglich oder muss sehr teuer bezahlt werden.

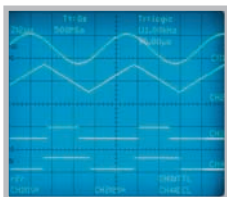
Das ist ein Grund warum Analog-Oszilloskope in den meisten Anwendungsfällen die technisch bessere und gleichzeitig ökonomischere Lösung sind. Die Kombination von Analog- und Digital-Oszilloskop – so wie HAMEG sie anbietet – ist nach wie vor das Optimum. Gleichgültig ob ein Analog- oder ein Digital-Oszilloskop für die aktuelle Messaufgabe geeigneter ist: Ein Tastendruck genügt und das Analog-/Digital-Oszilloskop misst mit den Eigenschaften, die gerade benötigt werden.

150 MHz Analog-/Digital- Mixed Signal CombiScope HM1508

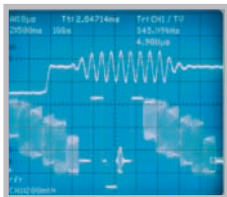
NEU



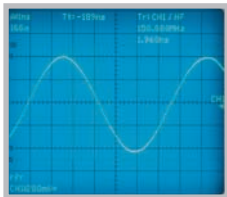
Digitalbetrieb: Darstellung von 4 Signalen (2 Analog- und 2 Logiksignalen)



Digitalbetrieb: Mit ZOOM gedehnter Signalauschnitt (Burst) aus einer Zeile



Originaltreue auch im Digitalbetrieb: Rauscharme Signale werden ohne zusätzliches Rauschen angezeigt



Analogbetrieb: siehe HM1500 (Seite 16)

4 Kanäle (2 Analog, 2 Logik)

1 GSa/s Real Time Sampling, 10 GSa/s Random Sampling

Pre-/Post-Trigger -100 % bis +400 %

Rauscharme 8-Bit Flash-A/D Wandler

Zeitbasis 50 s/cm – 5 ns/cm

1 MPts Speicher pro Kanal, Zoom bis 50.000:1

Betriebsarten: Single Event, Refresh, Average, Envelope, Roll, Peak-Detect

RS-232 Schnittstelle, Optional: RS-232/USB, IEEE-488, Ethernet

Signalanzeigen: Yt und XY;
Interpolation: Sinx/x, Pulse, Dot Join (linear)

Technische Daten siehe Seite 112



100 MHz Analog-/Digital- CombiScope HM1008

NEU



Analogbetrieb: siehe HM1000 (Seite 17)

2 Kanäle

1 GSa/s Real Time Sampling, 10 GSa/s Random Sampling

Rauscharme 8-Bit Flash-A/D Wandler

Pre-/Post-Trigger -100 % bis +400 %

Zeitbasis 50 s/cm – 5 ns/cm

1 MPts Speicher pro Kanal, Zoom bis 50.000:1

Betriebsarten: Single Event, Refresh, Average, Envelope, Roll,
Peak-Detect

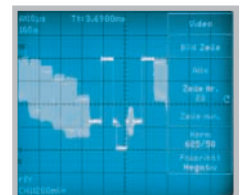
RS-232 Schnittstelle, Optional: RS-232/USB, IEEE-488, Ethernet

Signalanzeigen: Yt und XY;
Interpolation: Sinx/x, Pulse, Dot Join (linear)

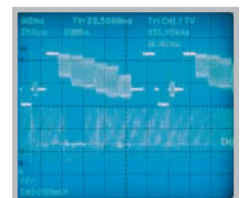
Technische Daten siehe Seite 110



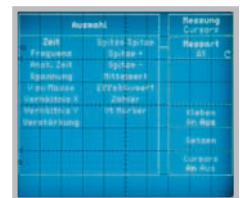
Ob PAL oder NTSC: Zeilen-
triggerung mit Zeilenzähler



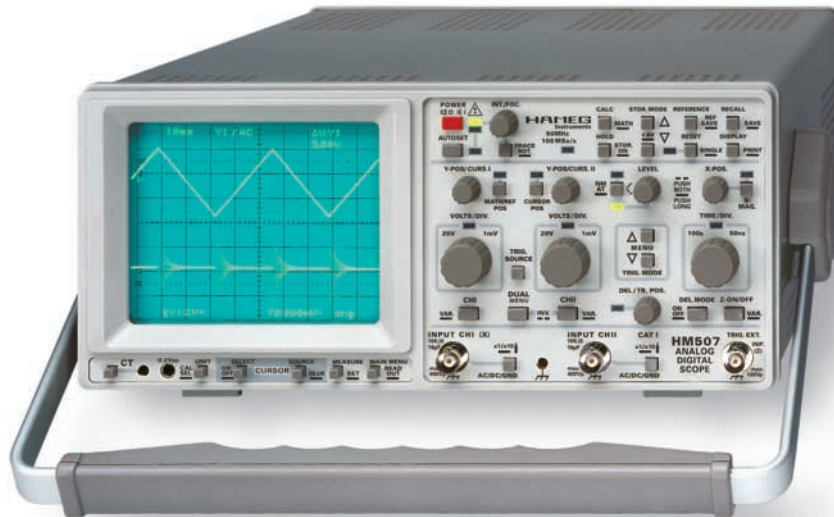
Digitalbetrieb: Fernseh-
Halbbild und daraus
„gezoomte“ Zeile



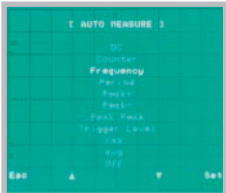
Cursor-Messung-Auswahl
im Digitalbetrieb



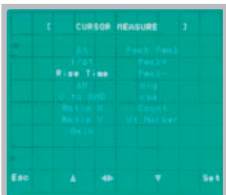
50 MHz Analog-/Digital- Oszilloskop HM507



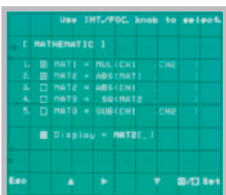
Automatische Messungen



Cursormessungen



Signalverarbeitung mit benutzerdefinierten Formeln



Basisdaten und Funktionen wie bei HM504-2 (Seite 18)

Digitalbetrieb:

Single, Refresh, Envelope, Average, Roll und XY-Betrieb

Sehr rauscharme 8 Bit Flash A/D-Wandler mit max. 100 MSa/s Echtzeit- bzw. 2 GSa/s, Random-Sampling und 2 k-Punkte Speicher/Kanal

Pre-/Post-Trigger - 10 cm bis +10 cm

Digital-Zeitbasis 100 s – 100 ns/cm, mit X-Dehnung bis 20 ns/cm

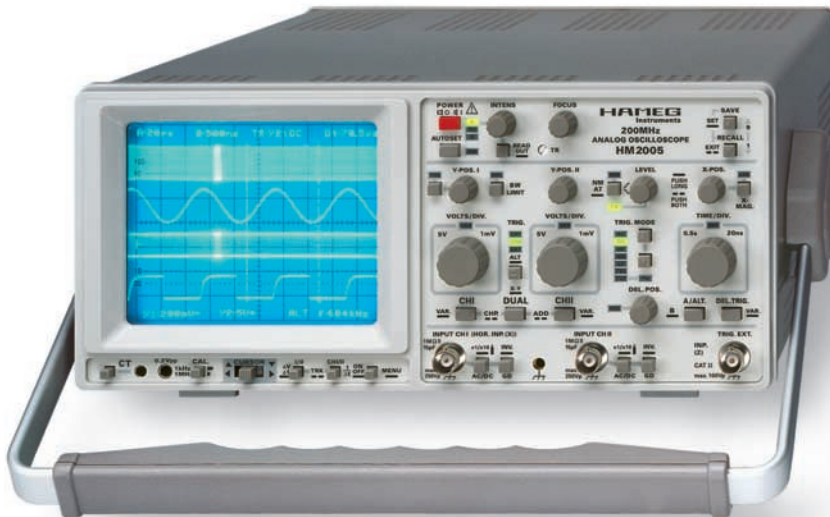
Benutzerprogrammierbare mathematische Signalverarbeitung

RS-232 Schnittstelle für Steuerung und Signalübertragung, inkl. Windows® Software

Technische Daten siehe Seite 107



200 MHz Analog-Oszilloskop HM2005



2 Kanäle mit Ablenkoeffizienten 1 mV - 5 V/cm,
niedriges Rauschen

2 Zeitbasen (0,5 s - 20 ns/cm und 20 ms - 20 ns/cm, X x 10 bis
2 ns/cm) für Gesamtsignal und Signalausschnitt mit max.
1.000 facher X-Dehnung

Triggerrung (A- und B-Zeitbasis) 0 - 300 MHz ab 5 mm
Signalhöhe

Hohe Schreibgeschwindigkeit durch 14 kV-Bildröhre
ermöglicht die Darstellung auch langsam repetierender,
schneller Signale

AUTOSET, Cursormessungen, Readout

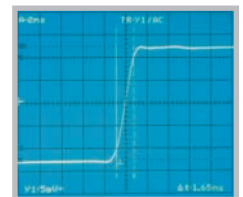
Maximal 2,5 Millionen Signaldarstellungsvorgänge pro Sekunde

RS-232 Schnittstelle (nur Parameterabfragen und Steuerung)

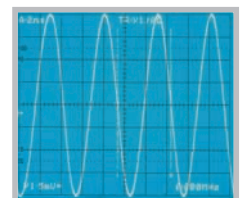
Technische Daten siehe Seite 108



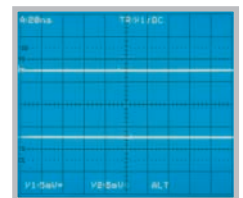
Überschwingungsarme
Messverstärker



Vollaussteuerung
mit 200 MHz Sinus



Rauscharme
Messverstärker

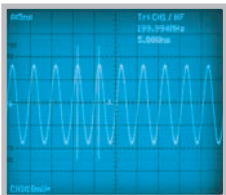


150 MHz Analog-Oszilloskop HM1500

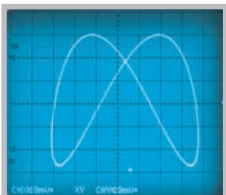
NEU



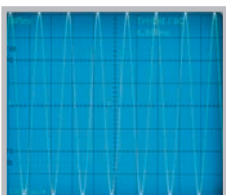
199,994 MHz Sinussignal,
gemessen mit internem
Frequenzzähler



Lissajoussche Figur
(XY-Betrieb)



Exzellente Aussteuer-eigen-schaften demonstriert mit
einem 150 MHz Sinussignal



2 Kanäle mit Ablenkkoeffizienten 1 mV – 20 V/cm

Rauscharme Messverstärker, hohe Impulswiedergabetreue

Zwei Zeitbasen: 0,5 s – 5 ns/cm und 20 ms – 5 ns/cm

Videotrigger: Bild- und Zeilenwahl, gerade und ungerade,
525/60 und 625/50

200 MHz 6-Digit Frequenzzähler, Cursor und automatische
Messungen

14 kV-Bildröhre mit hoher Schreibgeschwindigkeit, Readout,
Autoset, Verzögerungsleitung, lüfterlos

Save/Recall Speicher für Geräteeinstellungen

Hilfefunktionen, mehrsprachiges Menü

Technische Daten siehe Seite 111



100 MHz Analog-Oszilloskop HM1000

NEU



2 Kanäle mit Ablenkoeffizienten 1 mV – 20 V/cm

Rauscharme Messverstärker mit hoher Impulswiedergabe

Zwei Zeitbasen: 0.5 s – 5 ns/cm und 20 ms – 5 ns/cm

Videotrigger: Bild- und Zeilenwahl, gerade und ungerade, 525/60 und 625/50

200 MHz 6-Digit Frequenzzähler, Cursor und automatische Messungen

14 kV-Bildröhre mit hoher Schreibgeschwindigkeit, Readout, Autoset, Verzögerungsleitung, lüfterlos

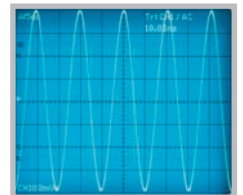
Save/Recall Speicher für Geräteeinstellungen

Hilfefunktionen, mehrsprachiges Menü

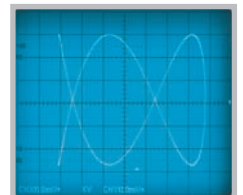
Technische Daten siehe Seite 109



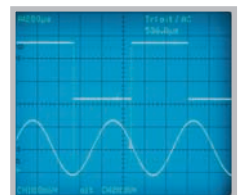
Unverzerrte Darstellung
eines 100 MHz Sinussignals



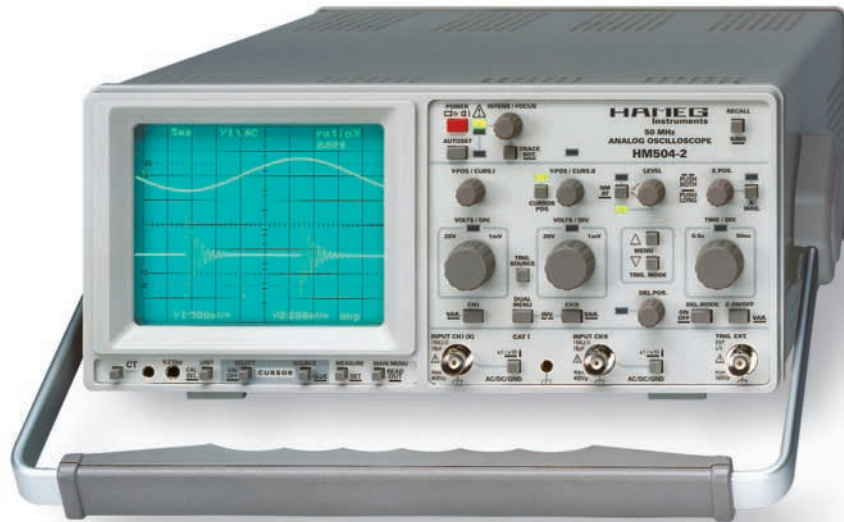
Lissajoussche Figur
(XY-Betrieb)



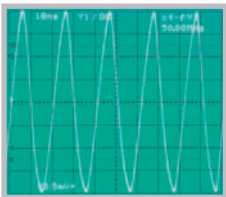
Zwei asynchrone Signale
mit alternierender Triggere-
rung getriggert



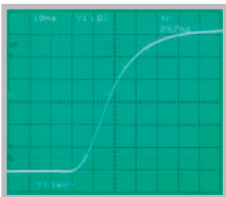
50 MHz Analog-Oszilloskop HM504-2



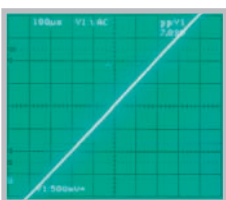
Hohe Messverstärkerdynamik erlaubt Vollaussteuerung mit 50 MHz Sinus.



Anstiegszeitmessung mit Cursors



Optimale Ablenklinearität



2 Kanäle mit Ablenkoeffizienten 1 mV – 20 V/cm, niedriges Rauschen, Zeitbasis 0,5 s – 50 ns/cm (mit X-Dehnung bis 10 ns)

Triggingung ab 5 mm Signalthöhe von 0 bis 100 MHz

Hohe X-Dehnung beliebiger Signalteile durch Zeitbasisverzögerung

Automatische Messung von Amplitude, Frequenz (bis 100 MHz) und Periode

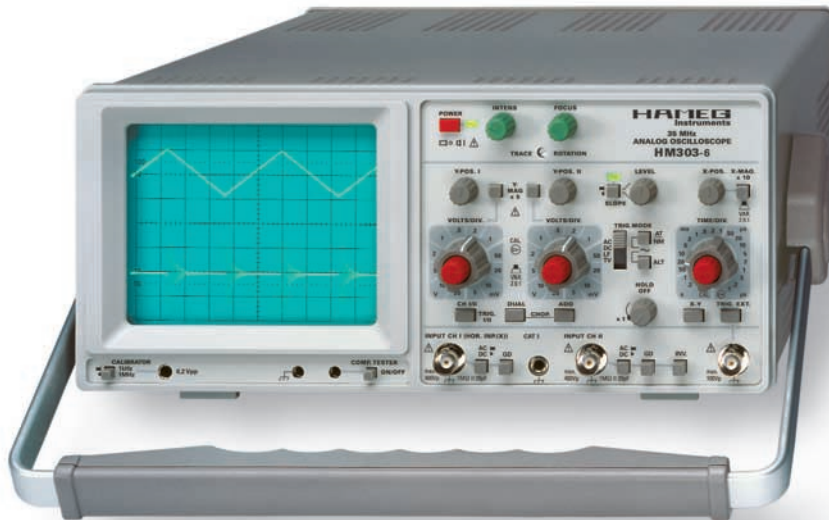
Max. 1 Million Signaldarstellungen pro Sekunde in höchster Analogqualität

RS-232 Schnittstelle (nur Parameterabfragen und Steuerung)

Technische Daten siehe Seite 107



35 MHz Analog-Oszilloskop HM303-6



Höchste Signalwiedergabequalität mit minimalem Überschwängen

2 Kanäle mit Ablenkkoeffizienten 1 mV - 20 V/cm, niedriges Rauschen

Zeitbasis 0,2 s - 100 ns/cm, mit X-Dehnung bis 10 ns/cm

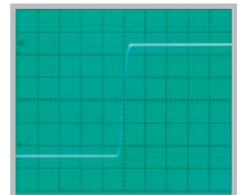
Triggerung 0 bis 50 MHz ab 5 mm Signalthöhe (100 MHz > 8 mm)

Analogbetrieb bietet unübertroffene Signaldarstellung mit hoher Auflösung und bis zu 500.000 Signaldarstellungen/sec

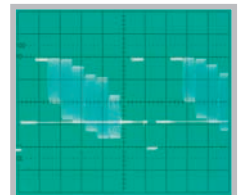
Yt-, XY- und Komponententest-Betrieb

Technische Daten siehe Seite 109

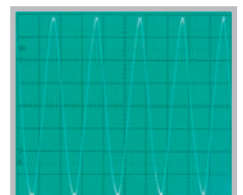
Keine Signalverfälschung durch Überschwängen ...



TV Videosignal auf Zeile getriggert



Vollaussteuerung mit 35 MHz Sinus



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren



EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Systemgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Bauteiletester

Optionen

Zubehör

Technische Daten

HAMEG Spektrumanalysatoren

Spektrumanalyse scheint für viele eine Art „Geheimwissen“ zu sein, das nur wenige Spezialisten beherrschen. Diesen Eindruck könnte man gewinnen, wenn man die zur Verfügung stehende Literatur zu diesem Thema liest. Integrale, Differentiale und theoretische Betrachtungen soweit das Auge blickt. Den Praktiker interessieren aber vor allem zwei Fragen: „Wie funktioniert es und was kann ich damit tun?“



Aus den einleitend genannten Gründen ist HAMEG in diesem Artikel den „praktischen“ Weg gegangen. Wir möchten aufzeigen, dass das Messen mit dem Spektrumanalysator nicht schwieriger ist als das Arbeiten mit einem Oszilloskop. Richtig eingesetzt sind die Anwendungsmöglichkeiten des Spektrumanalysators in der Entwicklung, Qualitätssicherung und EMV-Diagnose sehr vielfältig. Ohne unzulässig zu vereinfachen, sind die Theorie und Mathematik auf ein notwendiges Minimum beschränkt.

Das Studium dieses Artikels vermittelt ein Gesamtbild über die Signalanalyse, die Gerätearten und die Einsatzmöglichkeiten. Einige Beispiele aus dem Bereich der EMV- und Frequenzgangmessung schaffen den Bezug zur Praxis.

Einleitung

Die Leistungsfähigkeit moderner Elektronik (Halbleiterbauelemente, Mikroprozessoren, Oszillatoren,...) wird unter anderem durch eine immer weiter gesteigerte Verarbeitungsgeschwindigkeit erreicht. Die dabei auftretenden Signalfrequenzen erreichen schon längst Frequenzbereiche, die nach den klassischen Methoden der Hochfrequenztechnik behandelt werden sollten. Die dazu notwendige Messtechnik bedient sich unter anderem der Spektrumanalyse. Oszilloskope und Spektrumanalysatoren haben beide ihre spezifischen Stärken und Schwächen, was im Folgenden näher erläutert wird.

Das Oszilloskop

Der traditionelle Weg, elektrische Signale zu analysieren, ist die Darstellung in der Amplituden-Zeit-Ebene. Diese erfolgt u.a. mit Oszilloskopen im Yt-Betrieb (Bild 1) d.h. es werden Informationen über Amplituden und zeitliche Zusammenhänge erkennbar. Da der Mensch normalerweise im Zeitbereich denkt, ist ihm diese Darstellung leicht verständlich und vertraut. Aus diesem Grund wird das Oszilloskop auch in der Digitaltechnik gerne eingesetzt.

Da die Amplitudendarstellung linear erfolgt, hat das Oszilloskop eine kleine Dynamik (<30 dB). EMV-tüchtige Oszilloskope müssen sehr schnell sein, um die Flanken der Signale noch richtig auflösen zu können (Picosekunden-Bereich) und sind deshalb sehr teuer.

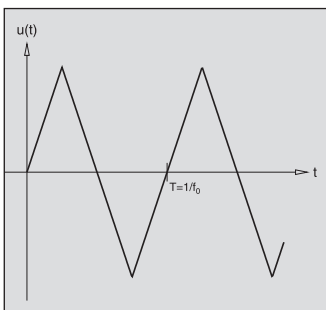


Bild 1: Klassisches Oszilloskop-Bild: Darstellung der Amplitude über die Zeit (Yt-Betrieb). Signal: Dreieck.

Der Spektrumanalysator

Als vereinfachendes Beispiel möge die Sender-Abstimmungsanzeige eines Radioempfängers einer Stereoanlage dienen. Dies ist im Prinzip ein „kleiner“ Spektrumanalysator. Mit dem Abstimmknopf dreht man das Frequenzband durch und liest an der Abstimmungsanzeige die Intensität (Leistung) bei der eingestellten Frequenz ab. Als Eingangssignal wird hierbei das Frequenzspektrum aller empfangbaren Sender betrachtet. Man erhält so eine bestimmte Amplitudenverteilung über der Frequenz. Nach diesem Prinzip arbeiten Spektrumanalysatoren (Bild 2), welche erstmalig im zweiten Weltkrieg eingesetzt wurden, um einen raschen, breitbandigen Überblick über die feindlichen Aktivitäten zu bekommen.

Spektrumanalysatoren können Signalkomponenten bis zu sehr hohen Frequenzen (300 GHz) auflösen. Aufgrund der logarithmischen Darstellung besitzen sie eine sehr grosse Dynamik (>80 dB). Der Eingang ist in der Regel in 50 Ω-Technik realisiert und kann bei hohen Signalen leicht zerstört werden (max. Eingangsempfindlichkeit beachten!).

Bei der Untersuchung von unbekanntem Signalen sollte zunächst geprüft werden, ob unzulässig hohe Spannungen vorliegen. Ausserdem ist es empfehlenswert, die Messung mit maximaler Abschwächung und dem maximal erfassbaren Frequenzbereich zu beginnen. Bei Messungen mit dem Spektrumanalysator geht zwar die Phaseninformation verloren, diese wird aber in vielen Fällen der täglichen Messpraxis nicht benötigt.

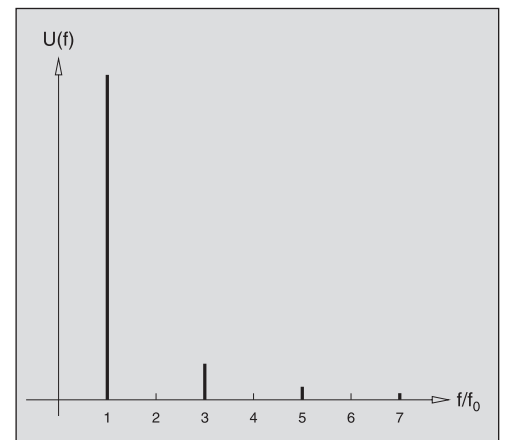


Bild 2: Bild des Spektrumanalysators: Darstellung der Amplitude über die Frequenz (Yf-Betrieb). Gleiches Signal wie Bild 1.

Tabelle 1: Vergleich Oszilloskop / Spektralanalysator

	Oscilloscope	Spectrum Analyzer
Darstellung:	Yt-Betrieb (Amplitude über Zeit)	Yf-Betrieb (Amplitude über Frequenz)
X-Achse/Maßstab:	Linear (Zeit)	Linear (Frequenz)
Y-Achse/Maßstab:	Linear (Amplitude)	Logarithmisch (Amplitude)
Frequenzbereich:	DC bis 12 GHz	Größe 0 Hz-300 GHz (keine Gleichspannung)
Dynamik:	30 bis 50 dB	> 80 dB
Phaseninformation:	vorhanden	nicht vorhanden
Preise:	Einige tausend Euro bis 100.000 Euro	Einige tausend Euro bis mehrere 100.000 Euro

Unterschiedliche Darstellung des gleichen Signals

Jedes periodische Signal ist einmal im Zeit- und gleichwertig im Frequenzbereich darstellbar. In Bild 2 wird dasselbe Signal wie in Bild 1 gezeigt mit dem Unterschied, dass die Darstellung im Frequenzbereich anders aussieht. Eindeutig miteinander verbunden sind die zwei Darstellungsarten über die Fouriertransformation.

Zeitbereich ↔ Frequenzbereich

Zeitfunktion ↔ Spektrum

$u(t) \leftrightarrow U(f)$

Im Abschnitt Signaltheorie wird gezeigt, dass mit einem Oszilloskop immer die Summe aller Bestandteile sichtbar wird und mit einem Spektralanalysator die einzelnen Spektralkomponenten mit den dazugehörigen Amplituden.

Tabelle 1 fasst die wesentlichen Merkmale des Oszilloskops und Spektralanalysators zusammen.

Signaltheorie

Zeitbereich

Jean Joseph Fourier hat bereits im Jahre 1808 gezeigt, dass jeder periodische Vorgang in seine Grundschwingung (1. Harmonische) und deren Oberschwingung (2., 3. usw. Harmonische) zerlegt werden kann. Für die Elektrotechnik heisst dies: Jedes periodische Signal (Rechteck, Dreieck, Sägezahn, sonstige Formen) kann durch eine Summe von Sinusschwingungen unterschiedlicher Amplitude und Phasenlage dargestellt werden kann. Die Grundschwingung hat die gleiche Frequenz wie das

Signal, die Oberwellen haben ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz.

Addiert (= überlagert) man zum Beispiel die gestrichelten Kurven 1 bis 4 in Bild 3, erhält man eine Dreiecksspannung. Die Grundschwingung (Kurve 1) hat die gleiche Periodendauer wie das Signal selbst. Die Kurven 2 bis 4 werden als Oberwellen bezeichnet und sind immer ganzzahlige Vielfache der Grundschwingung. Je mehr Oberwellen betrachtet werden, desto „glatter“ wird die Dreiecksspannung.

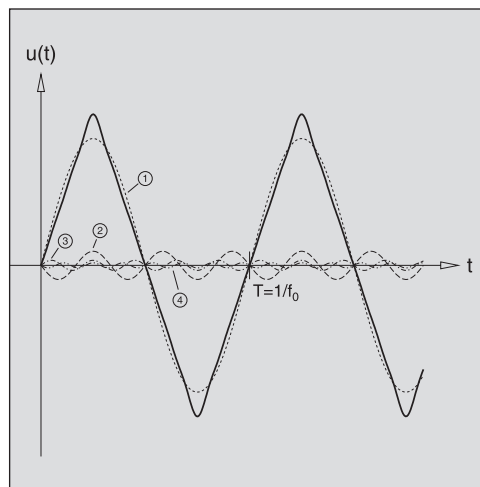


Bild 3: Kurven 1-4 addiert ergibt die Dreiecksspannung

Frequenzbereich

Will man nun die Dreiecksspannung im Frequenzbereich betrachten, eignet sich für das Verständnis sehr gut der Echtzeitanalysator. Am Eingang besitzt dieser eine Vielzahl von parallel geschalteten Bandpassfiltern. Wird die Dreiecksspannung an den Eingang gelegt, schwingen genau die Filter ein, deren Frequenz mit den Frequenzen der Kurven 1-4 übereinstimmen. Die Ausgangsspannung jedes Filters ist ein Maß für die Amplitudenstärke bei der betreffenden Frequenz.

Auf unser Beispiel bezogen ergibt sich Tabelle 2:

Kurve 1	Frequenz	$f_0 = 10 \text{ kHz}$	Amplitude=1
Kurve 2	Frequenz	$3f_0 = 30 \text{ kHz}$	Amplitude=0,111
Kurve 3	Frequenz	$5f_0 = 50 \text{ kHz}$	Amplitude=0,04
Kurve 4	Frequenz	$7f_0 = 70 \text{ kHz}$	Amplitude=0,02

Tabelle 2

Fourier-Analyse

Wie gezeigt, kann messtechnisch die Dreiecksspannung zum einen mit dem Oszilloskop im Zeitbereich (Bild 1) und zum andern mit dem Spektrumanalysator im Frequenzbereich (Bild 2) dargestellt werden.

Mathematisch erfolgt eine Transformation zwischen dem Zeit- und Frequenzbereich mittels der Fouriertransformation. Hierbei bedient man sich der Integralrechnung. An dieser Stelle möchten wir bewusst auf Beispiele verzichten, da die Anwendung überwiegend theoretischer Natur ist und der Spektrumanalysator für uns die Fouriertransformation macht.

Ablesen der Y-Werte eines Spektrumanalysator

Bei Oszilloskopen ist die Y-Achse linear skaliert. Je nach Einstellung hat eine Division (Rasterteilung) den gleichen Wert.

Beispiel:

1 Div. = 2 Volt ergibt bei 5 Div. = 10 Volt.

Die Skalierung der Y-Achse erfolgt bei Spektrumanalysatoren im logarithmischen Maßstab. Eine Division hat hier immer den gleichen Wert in dB.

Beispiel:

1 Div. = 10 dB ergibt bei 5 Div. = 50 dB.

Der Vorteil der logarithmischen Darstellung ist, dass sehr grosse Wertebereiche noch vernünftig darstellbar sind.

Tabelle 3

10er Logarithmus (dB-Wert) und Leistungsverhältnis	praktisch:
0 Bel $\cong 10^0 = 1$	Signal wird 1:1 übertragen, d.h. keine Verstärkung oder Abschwächung
1 Bel entspricht einem Leistungsverhältnis von $10^1 = 10$	Verstärkung des Signals mit dem Faktor 10
-1 Bel entspricht $10^{-1} = 0,1$	Änderung des Signals mit dem Faktor 0,1 = Abschwächung
1 dB entspricht $10^{0,1} = 1,259$	Verstärkung mit Faktor 1,259
3 dB entspricht $10^{0,3} = 1,995 \approx 2$	Verstärkung mit Faktor 2
10 dB entspricht $10^1 = 10$	Verstärkung mit Faktor 10
Mathematischer Zusammenhang: $1 \text{ Bel} = \lg 10^1 = \lg (10^{0,1})^{10} = 10 \lg 10^{0,1}$	
Bel	10 dB

Die Bezeichnung dB (=Dezibel) bedeutet ein Zehntel der Einheit Bel. Ein Bel ist der 10-er Logarithmus (lg) des Verhältnisses zweier Leistungen. Ein Bel weist keine Einheit auf, es ist eine dimensionslose Größe (siehe Tabelle 3).

dB auf Leistungen bezogen

In Bild 4 ist ein Vierpol gezeichnet. Die Eingangsspannung ist mit U_E , die Ausgangsspannung mit U_A bezeichnet. Der Eingangswiderstand R_E ist gleich gross wie der Lastwiderstand R_L . Die Leistungsverstärkung A_P des Vierpols kann in dB ausgedrückt werden.

$$A_P = 10 \lg (P_L/P_E) \text{ dB} \quad \text{Gleichung 1}$$

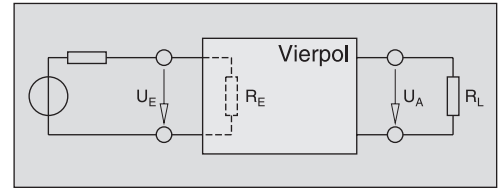


Bild 4: Die Leistungsverstärkung A_P des Vierpols kann in dB ausgedrückt werden.

dB auf Spannung bezogen

In einem Widerstand R wird die Leistung $P = U^2/R$ umgesetzt. Bezogen auf obigen Sachverhalt gilt:

$$P_E = U_E^2/R_E \text{ und } P_L = U_A^2/R_L$$

In Gleichung 1 eingesetzt:

$$A = 10 \lg (U_A^2 \times R_L / U_E^2 \times R_E)$$

Da $R_E = R_L$ ist, folgt:

$$A = 10 \lg (U_A^2 / U_E^2)$$

$$A = 10 \lg (U_A / U_E)^2 \text{ oder}$$

$$A = 2 \times 10 \lg (U_A / U_E)$$

$$A_U = 20 \lg (U_A / U_E) \text{ dB} \quad \text{Gleichung 2}$$

Beispiel einer dB-Rechnung

Mit $U_A = 10 \text{ V}$, $U_E = 2 \text{ V}$ folgt:

Übertragungsgröße: $A_U = U_A / U_E = 10 / 2 = 5$.

Eingesetzt in Gleichung 2:

$$A_U = 20 \lg 10/2 \text{ dB} = +13,96 \text{ dB}$$

Folgt zum Beispiel auf einen Spannungsteiler mit -10 dB ein Verstärker mit $+19 \text{ dB}$, erhält man durch einfache Addition den Gesamt-dB Wert der Übertragungskette (hier $-10 \text{ dB} + 19 \text{ dB} = +9 \text{ dB}$).

dB bezogen auf Referenzpegel (= absolute Pegel)

Die Einheit dB ist dimensionslos und drückt nur das Verhältnis zweier Leistungen oder Spannungen aus. Zur Verwendung absoluter Pegel wurden in der Technik Referenzpegel eingeführt. Bezogen auf Leistung ist die gebräuchliche Größe 1 mW .

$0 \text{ dBm} \cong 10^0 \text{ mW}$	$= 1 \text{ mW}$
$30 \text{ dBm} \cong 10^3 \text{ mW} = 1000 \text{ mW}$	$= 1 \text{ W}$
$-30 \text{ dBm} \cong 10^{-3} \text{ mW} = 1/1000 \text{ mW}$	$= 1 \mu\text{W}$

Da bei einem gegebenen Widerstand die Beziehung $P = U^2/R$ gilt, kann man auch Spannungen in dBm ausdrücken. Für einen Bezugswiderstand von 50Ω erhalten wir:

$$U_{\text{ref}} = \sqrt{50 \Omega \times 1 \text{ mW}} = 224 \text{ mV}_{\text{eff}}$$

als Bezugsspannung.

Es gilt also für einen Bezugswiderstand von 50Ω :

$$U_{\text{ref}} = \sqrt{50 \Omega \times 1 \text{ mW}} = 224 \text{ mV}_{\text{eff}} \quad \text{Gleichung 3}$$

Um die Unsicherheit bei den Spannungsangaben in dBm (Referenzwiderstand 50Ω , 75Ω , 600Ω) zu umgehen, ist man dazu übergegangen, Spannungspegel auf $1 \mu\text{V}$ zu beziehen. Für größere Spannungen wird 1 Volt als Bezugsgröße verwendet.

$0 \text{ dB}\mu\text{V} \cong 10^0 \mu\text{V}$	$= 1 \mu\text{V}$
$60 \text{ dB}\mu\text{V} \cong 10^3 \mu\text{V} = 1000 \mu\text{V}$	$= 1 \text{ mV}$
$-60 \text{ dB}\mu\text{V} \cong 10^{-3} \mu\text{V} = 1/1000 \mu\text{V}$	$= 1 \text{ nV}$

Beispiel: Umrechnung von Referenzpegeln:
 $0 \text{ dB}\mu\text{V} \cong 1 \mu\text{V} \cong -120 \text{ dB}$

Es gilt:

$\text{dB}\mu\text{V}$ ist ein Maß dafür, um wieviel größer eine bestimmte Spannung als die Referenzgröße (hier $1 \mu\text{V}$) ist. Es macht keinen besonderen Sinn, aber man könnte z. B. auch die Netzspannung in $\text{dB}\mu\text{V}$ angeben. ($230 \text{ V}_{\text{eff}}$ in Gleichung 2 eingesetzt:

$$A_U = 20 \lg (230 \text{ V}/1 \mu\text{V}) \text{ dB} \\ = 167 \text{ dB}\mu\text{V}.$$

Für Leistungen gilt entsprechendes; hier werden die Werte in Gleichung 1 eingesetzt. Der Referenzwert ($P_E = P_0$) ist 1 mW , bei einer Leistung von zum Beispiel 4 mW errechnet sich ein Wert von 6 dBm .

Umrechnung von dBm in mW

Am Spektrumanalysator wird die Höhe der Amplitude (A_p) direkt in dBm angezeigt. Liest man z. B. einen Wert von -47 dBm ab, kann man die Leistung in mW umrechnen. Dazu wird Gleichung 1 umgestellt:

$$P_L/P_E = 10^{A_p/10} \\ \rightarrow P_L = P_E \times 10^{A_p/10} \\ P_L = 1 \text{ mW} \times 10^{-47/10} \rightarrow P_L = 2 \text{ nW}$$

liest man also an einem Spektrumanalysator einen Pegel von -47 dBm ab, so bedeutet dies — bei der entsprechenden Frequenz — eine Leistung von 20 nW .

Umrechnung von dBm in Spannung (mV)

Um die Leistung (Referenzgröße 1 mW) in Spannungen umrechnen zu können, muss man sich immer auf einen fest definierten (Abschluss-) Widerstand beziehen. Der Spektrumanalysator hat einen 50Ω -Eingang.

Nach Gleichung 3 gilt:

$$U_{\text{ref}} = 224 \text{ mV}_{\text{eff}}$$

Umstellung von Gleichung 2:

$$A_U = 20 \lg U_A/U_{\text{ref}} \text{ dB folgt:}$$

$$A_U/20 = \lg U_A/U_{\text{ref}} \text{ oder}$$

$$10^{A_U/20} = 10^{\lg(U_A/U_{\text{ref}})} = U_A/U_{\text{ref}}$$

$$\rightarrow U_A = U_{\text{ref}} \times 10^{A_U/20}$$

$$U_A = 224 \text{ mV} \times 10^{-47/20} = 1 \text{ mV}$$

Umrechnung dBm – dBμV

Aus Gleichung 3 folgt:

$$0 \text{ dBm} \cong 1 \text{ mW} \cong 224 \text{ mV}_{\text{eff}} \quad (\text{an } 50 \Omega)$$

in Gleichung 2 eingesetzt:

$$A_U = 20 \lg (224 \text{ mV}/1 \mu\text{V}) \text{ dB} = 107 \text{ dB}\mu\text{V}_{\text{eff}}$$

Daraus ergibt sich der Gesamtzusammenhang:

Tabelle 4: Pegeldefinitionen mit verschiedenen Bezugsgrößen

Grösse Bezugswert	Formelzeichen	Pegel-Definition	Einheit	
Leistungspegel Bezugswert 1 W	A_P/W	$= 10 \lg (P_L/1 W) \text{ dB}$	dBW	$P_L = 1 W \cdot 10^{A_{P/W}/10}$
Leistungspegel Bezugswert 1 mW	A_P/mW	$= 10 \lg (P_L/1 mW) \text{ dB}$	dBm	$P_L = 1 mW \cdot 10^{A_{P/mW}/10}$
Spannungspegel Bezugswert 1 V	A_U/V	$= 20 \lg (U_A/1 V) \text{ dB}$	dBV	$U_A = 1 V \cdot 10^{A_{U/V}/20}$
Spannungspegel Bezugswert 1 μ V	$A_U/\mu V$	$= 20 \lg (U_A/1 \mu V) \text{ dB}$	dBμV	$V_0 = 1 \mu V \cdot 10^{A_{U/\mu V}/20}$

$0 \text{ dBm} \cong 1 \text{ mW} \cong 224 \text{ mV}_{\text{eff}} \cong 107 \text{ dB}\mu\text{V}$

Fazit: Liest man einen bestimmten dBm-Wert ab, so addiert man 107 und erhält den Wert in dB μ V. Umgekehrt gilt das Gleiche: liest man einen bestimmten Wert in dB μ V ab und subtrahiert von diesem die Zahl 107, erhält man den entsprechenden Wert in dBm (Tabelle 4).

Charakterisierung eines Spektrumanalysators

Worauf kommt es bei der Auswahl an?

Die erreichbaren Messeigenschaften eines Spektrumanalysators nach dem Heterodynverfahren können bei entsprechendem Aufwand bis in exorbitante Bereiche getrieben werden. Für eine weitere Anwendung kommen solche Geräte allerdings aufgrund des ebenfalls exorbitanten Preises (>100.000 Euro) nicht in Frage. Eine Vielzahl anstehender Signalanalyseaufgaben lassen sich schon mit deutlich geringerem Aufwand lösen. Welche Messeigenschaften bei der Auswahl eines geeigneten Messgerätes zu betrachten sind, soll anhand einiger Parameter verdeutlicht werden.

Frequenzbereich

Selbstverständlich ist der Frequenzbereich als wichtiger und preisbestimmender Parameter zu betrachten. Geräte mit einer oberen Frequenzgrenze von ca. 1 GHz lassen Messungen in den meisten Funkamateurbereichen, in dem ISM-Band bei 433 MHz, im Frequenzbereich des D-Netzes der Telekommunikation, in den terrestrischen Rundfunk- und Fernsehbandern sowie im interessierenden Frequenzbereich der EMV-Thematik zu. Oberhalb von 1 GHz wird der Geräteaufwand deutlich grösser. Hier wird z.B. ein frequenzstabilisierter YIG-Oszillator (yttrium-iron-garnet) als Umsetz-

oszillator verwendet, der die Gerätekosten hochtreibt.

Frequenzauflösung

Bevor die Frequenz eines Signals mit dem Spektrumanalysator gemessen werden kann, muss dieses Signal erfasst bzw. aufgelöst werden. Auflösung heißt dabei, es muss von benachbarten Signalen unterschieden werden können.

Wichtige Kennwerte für die Trennbarkeit zweier benachbarter Spektrallinien mit stark unterschiedlicher Amplitude sind die Bandbreite und die Flankensteilheit der ZF-Filter. Die Frequenzauflösung eines Spektrumanalysators wird durch die Bandbreite des ZF-Filters der Mischkette (siehe Bild 5) bestimmt. Ist die kleinste ZF-Bandbreite z. B. 9 kHz, dann ist der kleinste Frequenzabstand, um zwei Spektrallinien voneinander trennen zu können ebenfalls 9 kHz. Filterbandbreiten unter 10 kHz können nur genutzt werden, wenn die Frequenzstabilität der Umsetzoszillatoren entsprechende Qualität aufweisen. Auflösungen unter 10 kHz werden daher teuer. In der Praxis treten derartige Anforderungen z. B. bei frequenzmodulierten Signalen auf.

Frequenzstabilität

Wichtig ist, dass Spektrumanalysatoren eine größere Frequenzstabilität besitzen als das Signal, das untersucht werden soll. Die Frequenzstabilität ist abhängig von der Stabilität des Umsetz-(Local-) Oszillators. Es wird zwischen Kurzzeit- und Langzeitstabilität unterschieden.

Amplitudengenauigkeit

Die Messwertausgabe erfolgt bei Spektrumanalysatoren im allgemeinen in loga-

rithmischer Form. Somit kann ein Pegelumfang von z. B. 80 dB (entsprechend einem Spannungsverhältnis von 1:10.000) direkt dargestellt werden. Amplitudenfehler unterliegen damit zwei wesentlichen Ursachen: dem Amplitudenfrequenzgang und dem Logarithmierfehler. Gesamtfehler im Bereich von z. B. ±1dB sind exzellente Werte.

Dynamikbereich / Dynamikminderung

Der Dynamikbereich ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal und bedeutet die Fähigkeit eines Spektrumanalysators, gleichzeitig kleine und große Signalamplituden darstellen zu können.

Hohe Eingangspegel sind nach oben aufgrund der begrenzten Linearität in der Mischkette, die selbst Verzerrungen oder Störsignale erzeugt, begrenzt.

Niedrige Eingangspegel sind nach unten durch das Rauschen begrenzt, da nur Signale, die über dem Rauschpegel liegen, gemessen werden können. Durch eine Reduzierung der Auflösungsbandbreite verringert sich nach Gleichung 4 bzw. 5 die Rauschleistung d.h. nur durch eine Reduzierung der Auflösungsbandbreite wird eine Vergrößerung der Dynamik erreicht.

Eingangsempfindlichkeit

Die Empfindlichkeit ist ein Maß für die Fähigkeit des Spektrumanalysators, kleine Signale messen zu können. Die maximale Eingangsempfindlichkeit wird durch das Eigenrauschen bestimmt. Grundsätzlich können nur Signale gemessen werden, wenn sie aus dem Rauschen „herausschauen“. Man unterscheidet zwei Arten: das thermische und das nicht-thermische Rauschen.

Das thermische Rauschen wird mit der folgenden Formel beschrieben:

$$P_{\text{therm}} = K \times T \times B \quad \text{Gleichung 4}$$

P_{therm} = Rauschleistung/Watt

K = Boltzmannkonstante
 $1,38 \times 10^{-23}$ VAs/K

T = absolute Temperatur/K

B = Messbandbreite/Hz

$$B \text{ (dB)} = 10 \lg B_{\text{ZFI}} \text{ (Hz)} \quad \text{Gleichung 5}$$

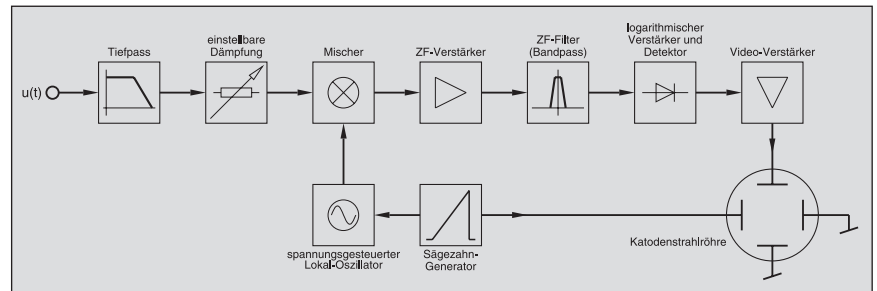


Bild 5: Prinzipeller Aufbau eines Überlagerungs-empfängers.

Diese Gleichung 4 zeigt, dass die thermische Rauschleistung direkt proportional zur Bandbreite ist. Eine Bandbreitenreduzierung des Filters um eine Dekade senkt nach Gleichung 5 die Rauschleistung um 10 dB, was wiederum eine Empfindlichkeitssteigerung um 10 dB bedingt. Alle weiteren Rauschquellen werden als nicht thermisch angenommen.

Spektrumanalysatoren werden über ein breites Frequenzband gewobbelt und sind – wie am Anfang beschrieben – schmalbandige Messinstrumente. Alle Signale, die im Frequenzbereich des Spektrumanalysators liegen, werden auf eine Zwischenfrequenz konvertiert und durchlaufen den ZF-Filter. Der Detektor hinter dem ZF-Filter sieht nur den Rauschanteil, der innerhalb der schmalen Filterbandbreite liegt. Daher wird auf dem Bildschirm nur das Rauschen dargestellt, welches innerhalb des Durchlassbereiches des ZF-Filters liegt. Deshalb wird bei der Messung die maximale Empfindlichkeit immer mit dem schmalsten ZF-Filter erreicht.

Bei einem Empfindlichkeitsvergleich zweier Spektrumanalysatoren ist darauf zu achten, dass man sich auf die gleiche Filterbandbreite bezieht.

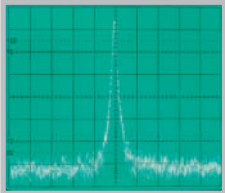
Bei der Raumtemperatur beträgt die theoretisch erreichbare Messempfindlichkeit -134 dBm bei $B=10$ kHz (ideal rechteckförmiger Filter vorausgesetzt). Damit könnten Signale ab ca. -131 dBm sichtbar gemacht werden (Signal-Rausch-Abstand = 3 dB). In der Praxis sind solche Werte nicht zu erreichen. Grenzemphindlichkeiten von -100 dBm sind als Standard anzusehen, ein Wert um -115 dBm ist als Grenze des vernünftig Machbaren ($B = 10$ kHz) anzusehen.

1 GHz Spektrumanalysator HM5510 / HM5511

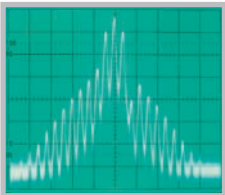
NEU



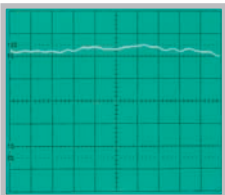
Unmoduliertes HF-Signal



Amplitudenmoduliertes HF-Signal



Mit Trackinggenerator
ermittelter Verstärker-
frequenzgang



Frequenzbereich von 150 kHz bis 1 GHz

Amplitudenmessbereich -100 dBm bis $+10$ dBm

Phasensynchrone, direkte digitale Frequenzsynthese

Auflösungsbandbreiten (RBW): 20 kHz und 500 kHz

Keypad für Frequenz- und Pegel eingabe

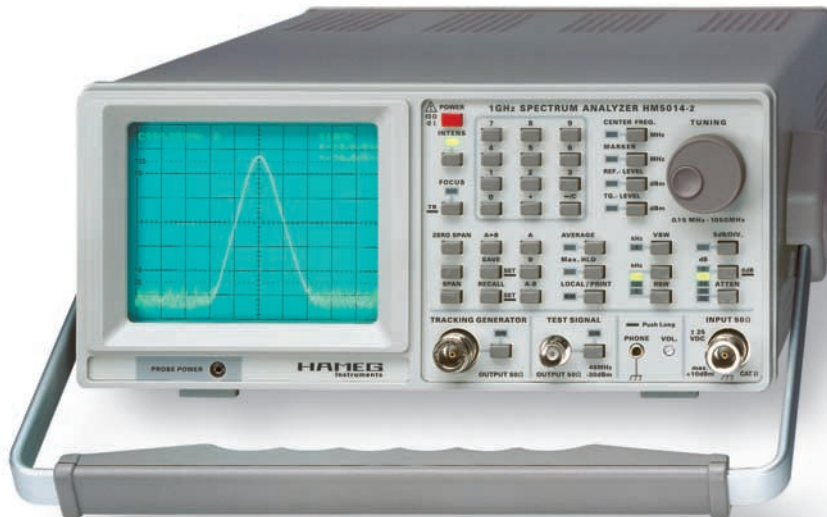
Analoge Signalaufbereitung und Darstellung

Nur HM5510:
Testsignalausgang

Nur HM5511:
Trackinggenerator mit Ausgangspegel von -50 dBm bis $+0$ dBm

Technische Daten siehe Seite 116

1 GHz Spektrumanalysator HM5012-2 / HM5014-2



Frequenzbereich von 150 kHz bis 1 GHz

Amplitudenmessbereich -100 dBm bis $+10$ dBm

Phasensynchrone, direkte digitale Frequenzsynthese

Auflösungsbandbreiten (RBW): 9 kHz, 120 kHz und 1 MHz

Pre-Compliance EMV-Messungen

Serielle Schnittstelle für Dokumentation und Steuerung

Software für Dokumentation im Lieferumfang

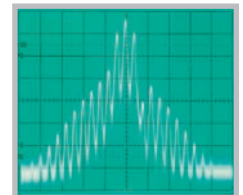
Erweiterte Messfunktionen für EMV-Messungen
mit optionaler Software

Nur HM5014-2:
Trackinggenerator mit Ausgangspegel von -50 dBm bis $+1$ dBm

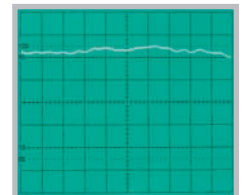
Technische Daten siehe Seite 115



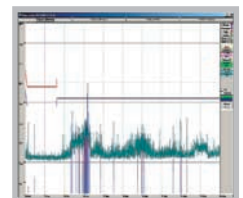
Amplitudenmoduliertes
HF-Signal



Mit Trackinggenerator
ermittelter Verstärker-
frequenzgang



Erfassung leitungsgebunde-
ner Störungen



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Systemgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Bauteiletester

Optionen

Zubehör

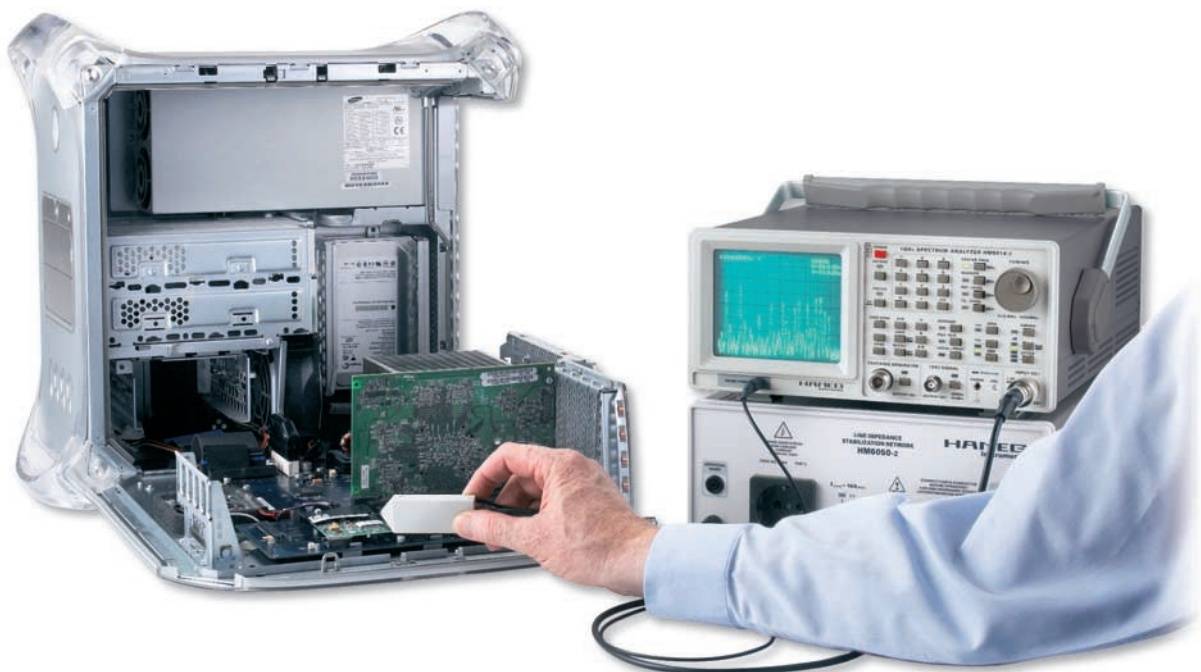
Technische Daten



HAMEG EMV-Messtechnik

Wer innerhalb des EWR (Europäischer Wirtschaftsraum) ein elektrisches oder elektronisches Gerät in Verkehr bringt, ist verpflichtet, die Bestimmungen der EMV-Richtlinie einzuhalten, also die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) zu gewährleisten. Das betrifft Hersteller und Importeure in den Mitgliedsländern der EU (Europäische Union) sowie Island, Liechtenstein und Norwegen.

Für den Bereich Störaussendung der EMV bietet HAMEG kostengünstige Geräte, mit denen sich Pre-Compliance Messungen durchführen lassen.



Stören und sich stören lassen?

Moderne Elektronik stellt, bedingt durch immer höhere Taktfrequenzen und stärkere Integration, permanent steigende Anforderungen an die einzusetzende Messtechnik für die Störsicherheit von Geräten. Um elektromagnetische Verträglichkeit zu garantieren, muss ein sehr großes Frequenzspektrum von etwa 150 kHz bis 1 GHz beherrscht werden. Dabei ist zu erwarten, dass bei kommenden Normanpassungen dieser Frequenzbereich nach oben noch erweitert wird.

Der damit verbundene Messaufwand und die Kosten sind zum Teil erheblich, lassen sich aber bei überlegtem Einsatz vernünftiger Messmittel und geeigneter Methoden gut kontrollieren.

Was kosten EMV-Maßnahmen?

EMV muss nicht teuer sein. Untersuchungen haben gezeigt, dass EMV-Maßnahmen etwa 3 bis 5 % der Gerätekosten betragen, wenn EMV-Verträglichkeit vom Beginn einer Entwicklung an mit „hineinkonstruiert“ und entwicklungsbegleitend getestet wird.

Blauäugigkeit bezüglich elektromagnetischer Verträglichkeit kommt allerdings oft teuer. Wird die EMV erst nach Fertigstellung eines Gerätes zum Thema, so kann es leicht vorkommen, dass die EMV-Maßnahmen letztlich mehr als 50 % der geplanten Entwicklungskosten betragen, d.h. man beginnt nochmals von vorne und bezahlt viel Geld für lange Messreihen und externe Dienstleister.

Normgerechte Prüfungen werden meist in entsprechend ausgerüsteten und spezialisierten Labors durchgeführt. Die dazu notwendige Messtechnik ist teuer und die Verfahren sind sehr aufwendig. Während der Entwicklungszeit ist es dagegen wichtig, rasch und ohne großen Aufwand zu genügend aussagekräftigen Ergebnissen zu gelangen. Für die Kontrolle der Wirksamkeit von EMV-Maßnahmen ist es während der Entwicklung nicht wichtig, mit normgerechten Versuchsaufbauten zu arbeiten. Vielmehr geht es darum, rasch die kritischen Zonen im Schaltungsaufbau und die Signalleitungen mit einem hohen Störpotenzial zu erkennen, um mit vergleichenden Messungen die optimalen und kostengünstigsten EMV-Maßnahmen zu finden.

Oszilloskop, oder ...

Trotz seiner Vielseitigkeit, für EMV-Störaussendungsmessungen ist ein Oszilloskop leider ungeeignet, denn es zeigt die Form eines Signals, also den zeitlichen Verlauf der Spannung, auf der Zeitachse an und nicht die einzelnen Spektren (Frequenzanteile mit ihrem jeweiligen Pegel) aus denen es sich zusammensetzt.

Die bei Störaussendungsmessungen anzuwendenden Normen verlangen Mittelwert- und Quasi-Spitzenwert-Messungen, die in Form einer frequenzselektiven Messung jedes einzelnen Spektrums vorzunehmen sind. Die zu verwendende Messbandbreite hängt von der Messfrequenz ab.

Der bei Störaussendungsmessungen zu erfassende Frequenzbereich reicht von 150 kHz bis 1 GHz. Dabei muss das Messgerät über eine hohe Eingangsempfindlichkeit, die Messungen von wenigen μV ermöglicht, verfügen.

Die Anzeige eines größeren Frequenzmessbereichs und die logarithmische Darstellung der Spektren mit einem Anzeigebereich von ca. 80 dB lassen auf einen Blick erkennen, wo die Schwerpunkte liegen und welche Auswirkungen eine Maßnahme auf alle Spektren und ihre Pegel hat.

Spektrumanalysator, und ...

Es ist nach wie vor ernüchternd, wie selten Spektrumanalysatoren im Entwicklungsalltag anzutreffen sind. Oft werden Kostengründe vorgeschoben. Die entwicklungsbegleitende Messtechnik verlangt jedoch keineswegs nach dem „Rolls-Royce“ unter den Spektrumanalysatoren. Da Spektrumanalysatoren nicht tagtäglich eingesetzt werden, ist es sogar besser, einfach zu bedienende Geräte einzusetzen, welche von jedem Entwickler ohne grosse Schwellenangst und Einarbeitungszeit verwendet werden können. Wichtig ist es, rasch und mit wenig Aufwand vergleichende Messungen durchführen zu können. Wie schnell ein Spektrumanalysator amortisiert ist, zeigt folgende Überlegung. Ein Messtag in einem spezialisierten EMV-Labor kostet zurzeit etwa 1.000 EUR oder mehr. Ein einfacher und kostengünstiger Spektrumanalysator ist bereits amortisiert, wenn es damit gelingt, insgesamt zwei bis drei Messtage im EMV-

Labor einzusparen. Insgesamt muss es das Ziel einer effizienten EMV-Entwicklung sein, mit jedem neu entwickelten Gerät nur ein einziges Mal zur normengerechten Schlussprüfung anzutreten.

Der Spektrumanalysator gehört als Standardmessgerät gleichberechtigt neben einem Oszilloskop an den Arbeitsplatz eines Entwicklers. Wie hilfreich die Spektrumanalyse wirklich ist, werden Sie spätestens dann beurteilen können, wenn Sie aktiv mit Spektrumanalysatoren arbeiten.

Netznachbildung ...

Sie gehört neben dem Spektrumanalysator zur Basisausstattung im Labor- und Zertifizierungs-Einsatz. Eine Netznachbildung dient zur Isolierung, Erkennung und Quantifizierung von leitungsgebundenen Störungen. Im Zertifizierungslabor wird sie im Allgemeinen in Verbindung mit einem Messempfänger eingesetzt. Für den Bereich der Pre-Compliance-Messtechnik ist jedoch der Einsatz zusammen mit einem Spektrumanalysator die erheblich praktikablere – weil „schnellere“ – Lösung. HAMEG Spektrumanalysatoren der Serie 5000 bieten in Verbindung mit der Netznachbildung HM6050 Ergebnisse, die mit beim EMV-Dienstleister durchgeführten Messungen vergleichbar sind.

... und „Schnüffelsonden“

Was fängt man mit den Messergebnissen vom Dienstleister an, wenn sich herausstellt – da stört noch was ...? Und um was geht es dabei eigentlich?

Z. B.: Feldgeführte Störsignale

Unter feldgeführten Störungen wird die Abstrahlung von Störsignalen verstanden, im Unterschied zu sogenannten leitungsgeführten Störungen. Die EMV-Vorschriften legen den Frequenzbereich für die Erfassung der feldgeführten Störsignale auf 30 MHz bis 1 GHz fest, wobei zu erwarten ist, dass Normerweiterungen zum Bereich höherer Frequenzen hin noch erfolgen werden.

Normengerecht werden die feldgeführten Störpegel mittels Antennen und Messempfängern in einem reflexionsfreien Umfeld, welches frei von Drittstörungen ist, gemessen. Die normengerechten Messungen



Messung von leitungsgeführten Störungen mittels Spektrumanalysator und Netznachbildung.

werden daher meistens in sogenannten Absorberhallen durchgeführt.

Entwicklungsbegleitend sind derartige Messungen jedoch ineffizient, weil zeitraubend und teuer. Gefragt sind schnelle Aussagen über das Störpotenzial, innerhalb einer Schaltung und insbesondere auf sämtlichen Leitungen, welche eine Leiterplatte oder ein Gerät verlassen. Obwohl in diesem Abschnitt von sogenannten feldgeführten Störungen die Rede ist, sind es auch bei diesen Störungen die Leitungen, die wie Antennen wirken und eine Abstrahlung erst richtig ermöglichen.

Im Entwicklungslabor konzentriert sich die EMV-Arbeit vorwiegend auf die Beurteilung der durch solche Leitungen verschleppten Störungen. Diese Messungen können – mit den entsprechenden Hilfsmitteln – im unmittelbaren Nahfeld, teilweise sogar direkt auf den Signal-, Versorgungs- und Masseleitungen oder auf den Kabelschirmen erfolgen.

Wer zum ersten Mal mit einem Spektrumanalysator eine Schaltung untersucht, wird mit großem Erstaunen feststellen, dass selbst auf Signalleitungen für langsame oder statische Signale erhebliche, hochfrequente Signalanteile, ausgehend von anderen Schaltkreisen, „mitreiten“.

Mit einem Oszilloskop betrachtet, gehen diese Signalanteile im Rauschen unter und sind meist überhaupt nicht zu erkennen. Das elektromagnetische Störfeld benutzt dabei die metallische Struktur einer Leitung – unabhängig vom eigentlichen Nutz-

signal auf dieser Leitung — als eine Art „Führungsschiene“, um sich daran entlang energieeffizient ausbreiten zu können.

Im Entwicklungslabor können diese Störgrößen ohne größeren Aufwand mit einem Spektrumanalysator und für diese Messung geeigneten Sonden sichtbar gemacht werden. Es werden zu diesem Zweck unterschiedliche Messsonden benötigt.

Störquellen im Detail untersucht

Will man den Erfolg einzelner Entstörmaßnahmen nachprüfen, bieten sich sogenannte „Schnüffelsonden“ an. Sie werden als E-Feld und H-Feld-Sonden angeboten und erleichtern dem Entwickler zusammen mit Hochimpedanzsonden und Sonden mit extrem niedriger Eingangskapazität die Auswahl der passenden EMV-Maßnahmen.

Aktive E-Feld-Sonde

Die aktive E-Feld-Sonde ist breitbandig, mit einer sehr hohen Empfindlichkeit. Mit ihr kann man die Gesamtabstrahlung einer Baugruppe oder eines Gerätes beurteilen. In der Regel wird sie in einem Abstand von 0,5 bis 1,5 m von dem zu untersuchenden Objekt eingesetzt. Damit lässt sich sowohl die Wirkung von Abschirmmaßnahmen überprüfen als auch Filtermaßnahmen beurteilen, die Leitungen betreffen, welche das Gehäuse verlassen und somit die Gesamtabstrahlung beeinflussen.

Wegen der hohen Empfindlichkeit kann es vorkommen, dass mit der aktiven E-Feld-Sonde auch Drittstörungen, ausgehend von anderen Geräten im Labor, gemessen werden. Die Messung erfolgt deshalb so, dass zuerst bei ausgeschaltetem Prüfling die Störungen aus der Umgebung erfasst und nach Einschalten des Prüflings die neu hinzugekommenen Signale analysiert werden.

Die Messergebnisse mit einer aktiven E-Feld-Sonde sind wie alle Fernfeld-Antennenmessungen auch vom Prüfaufbau abhängig. Insbesondere spielt die Lage der Kabel eine nicht zu unterschätzende Rolle. Sollen reproduzierbare Messungen durchgeführt werden — nicht nur einmalige Vergleichsmessungen verschiedener Maßnahmen — so wird empfohlen, die Versuchsanordnung genau festzulegen und z. B. auf einem Brett zu fixieren.

Die aktive E-Feld-Sonde kann auch zur Untersuchung von Störungen aus der Umgebung verwendet werden. Wird vermutet, dass eine unbekannte Störquelle in einem Gerät eine Funktionsstörung verursacht, so kann mittels aktiver E-Feld-Sonde und Spektrumanalysator die elektromagnetische Umgebung erfasst werden. Dank der Analyse im Frequenzbereich lässt sich meist sehr schnell die Störquelle ausfindig machen. Dies macht es möglich, erforderliche Nachbesserungen so gezielt auszuführen, dass man bei der Abnahmeprüfung nicht ein zweites Mal durchfällt.

Aktive H-Feld-Sonde

Eines der Erfolgsrezepte in der EMV ist es, die Störströme zu beachten. Der gängige Einsatz von Oszilloskopen verleitet zu einem reinen „Spannungsdenken“. Erfolgreiche EMV-Ingenieure denken aber vor allem in „Strömen“. Um Störströme berührungsfrei und ohne Auftrennen von Leitungen aufspüren zu können, sind aktive H-Feld-Sonden ein optimales Hilfsmittel.

Aktive H-Feld-Sonden sind Nahfeldsonden, mit welchen die magnetische Feldstärke gemessen werden kann. Diese magnetische Feldstärke ist im Nahfeld direkt mit den Leitungsströmen verknüpft. H-Feld-Sonden sind relativ unempfindlich gegen Störungen von aussen (Drittstörer) und zeigen ein starkes Ansteigen des gemessenen Pegels bei der unmittelbaren Annäherung an die Störquelle. Sie erlauben damit sehr gezielt, Störströme innerhalb einer Schaltung zu lokalisieren.

Bewegt man eine H-Feld-Sonde entlang eines Gehäuses oder einer Abschirmung, sind „undichte“ Stellen wie beispielsweise Schlitze leicht erkennbar.

Durch die weiter fortschreitende Integration auf Leiterplatten, stößt auch die Lokalisierung von Störern mit einer H-Feld-Sonde an Grenzen. Hilfe bietet hier die μ H-Feld-Sonde HZ545. Hiermit ist es möglich bis in den mm-Bereich exakt die jeweilige Störquelle zu lokalisieren. Diese Sonde findet Einsatz bei der Identifizierung von Störern direkt auf der Leiterplatte.

Wie schon erwähnt, sind alle Arten von metallischen Kabeln die Antennen für die Störabstrahlung und auch für die Störeinkopp-



Messsondensatz HZ530 von HAMEG bestehend aus drei aktiven Sonden (E-Feld-, H-Feld- und Hochimpedanzsonde)

lung. Hält man die H-Feld-Sonde an ein Kabel und analysiert die Signale mit einem Spektrumanalysator, so wird man mit einigem Erstaunen feststellen, dass selbst auf Netzleitungen oder „langsamen“ Datenleitungen wie beispielsweise Telefonleitungen, verblüffend hohe Pegel hochfrequenter Signalanteile (z. B. Harmonische der Clocksignale) festzustellen sind. Mit der H-Feld-Sonde und der logarithmischen Amplitudendarstellung eines Spektrumanalysators ist einfach festzustellen, ob alle Leitungen etwa gleich stark „verseucht“ sind, oder ob gewisse Leitungen mehr oder weniger Störungen auskoppeln. Damit können gezielt Maßnahmen eingeleitet werden, so dass die Wirksamkeit dieser Maßnahmen im Labor, ohne die Verwendung eines geschirmten Raumes und ohne grossen Messaufwand, rasch und einfach beurteilt werden können.

Hochimpedanz-Tastkopf

Mit einem Hochimpedanz-Tastkopf kann gezielt an einem Punkt, z. B. an einem IC-Pin, oder an einzelnen Leitung in einer Schaltung breitbandig (> 1 GHz) gemessen werden, ohne den Messpunkt mit der üblichen Eingangsimpedanz eines Spektrumanalysators von 50Ω zu belasten. Die Eingangsimpedanz der Hochimpedanz-Tastköpfe aus den HAMEG SONDENSÄTZEN ist weitgehend kapazitiv und die Kapazität liegt unter 2 pF. Der Hochimpedanz-Tastkopf kann auch an ein Oszilloskop (mit 50Ω -Eingang) angeschlossen werden. Er arbeitet in diesem Fall als Tastkopf mit der oben beschriebenen Bandbreite und Eingangskapazität.

Besser noch ist der Einsatz eines Low-Capacitance-Tastkopfes mit noch geringerer Eingangskapazität ($< 0,3$ pF) und höherer Bandbreite bis zu 3 GHz (z. B. HZ543). Hiermit wird der zu untersuchende Schaltungspunkt noch deutlich weniger belastet und ermöglicht so ein verfälschungssicheres Messen auch in sehr hochfrequenten Schaltungen.

Der besondere Vorteil ist, dass in diesem Fall der Messpunkt so gut wie nicht durch das Messgerät belastet wird. Es kann sonst leicht vorkommen, dass ein niederohmiger Tastkopf genau jene Schwingung dämpft bzw. eliminiert, die gemessen werden soll. Je höher die zu messende Frequenz wird,



Ermittlung der abgestrahlten Stör-
energie mit Hilfe der Magnetfeld-
Sonde (H-Feld-Sonde) und dem
Spektrumanalysator.

desto mehr verschärft sich dieses Problem. Jedes pF spielt hier eine enorme Rolle. Mit der geringen Eingangskapazität des HZ543 kann dieses Phänomen bis zur Bandbreiten-Grenze vernachlässigt werden. Der Low-Capacitance-Tastkopf besitzt nur eine winzige Tastschleife und wird ohne „Masseleitung“ betrieben. Der Rückstrom des Messsignals erfolgt „kapazitiv“ über die „Belastung“ durch den Messenden. Es wird damit tatsächlich möglich, das EMV-Störpotenzial eines IC-Pins oder einer einzelnen abgehenden Leitung zu messen. Durch die „kapazitive und hochohmige“ Messmethode lassen sich auch sogenannte Gleichtaktstörungen an ihrer Quelle aufspüren.

EMV-Probleme in der Praxis

Dem Elektronik-Entwickler sind mittlerweile zahlreiche Maßnahmen zur Verbesserung der EMV von z. B. Leiterplatten bekannt. Wie viel diese Maßnahmen jeweils im Einzelfall wert sind, erkennt man oft erst bei der Abstrahlungsmessung. Diese Tatsache führt aber dazu, dass die Einzelmaßnahme selten geprüft wird, weil der Aufwand an Zeit und Kosten viel zu groß wäre. Prüft man jedoch erst, nachdem eine ganze Reihe von Maßnahmen durchgeführt wurde, dann kann man den Erfolg oder Misserfolg der Einzelmaßnahme nicht mehr zuordnen.

Für eine gewisse Vorabprüfung bietet sich die Verwendung oben beschriebenen Nahfeldmesssonden - oder „Schnüffelsonden“ an. Die E-Feld-Sonde reagiert auf elektrische Wechselfelder. Die H-Feld-Sonde ist empfindlich für Änderungen des magnetischen Flusses.

Bevor man diese Sonden einsetzt, sollte man sich darüber klar werden, welche Felder bei modernen Leiterplatten die überwiegende Rolle spielen. Bei hohen Spannungen und geringen Strömen spielt das

elektrische Feld die bedeutendere Rolle. Bei kleinen Spannungen und hohen Strömen überwiegt das magnetische Feld. Der erste von beiden Fällen lag eindeutig bei der Röhrentechnik vor.

Moderne integrierte Schaltungen weisen kleine Spannungen und zum Teil recht hohe Ströme auf. An dieser Stelle muss hervorgehoben werden, dass es nicht so sehr auf die Absolutwerte der Ströme, sondern auf die Rate ihrer Änderung ankommt. Bei der Anregung einer elektromagnetischen Welle, wenn dies mit der magnetischen Komponente geschieht, ist die Änderung des magnetischen Feldes in der Zeiteinheit die bestimmende Größe.

Genau diese Komponente wird von einer H-Sonde ausgewertet. Die Amplitude des Sondersignals ist direkt proportional zur Änderung des magnetischen Flusses und damit zur Änderung des erregenden Stromes. Deshalb sind solche Sonden zur ersten und überschlägigen Untersuchung der Wirksamkeit von EMV-Maßnahmen besonders geeignet.

Die Mehrheit dieser Sonden hat jedoch einen erheblichen Nachteil: Sie haben eine sehr geringe räumliche Auflösung. Deswegen lässt sich das Signal, das man mit dieser Sonde aufnimmt, nicht mehr eindeutig dem Urheber zuordnen. Man achte deshalb beim Erwerb solcher Sonden besonders darauf, dass man zumindest auch eine Sonde mit hoher Auflösung für das magnetische Feld hat. Dies wird besonders dann immer wichtiger, wenn die Integrationsdichte der Leiterplatten weiter zunimmt und die Identifikation einzelner Störer sich im Millimeterbereich abspielt.

Messungen an 4-Lagen-Multilayer

Im Folgenden wird erläutert, wie man aus den Sondersignalen interessante Details entnehmen kann. Grundsätzlich können die Signale im Zeitbereich oder im Frequenzbereich angezeigt werden. Für den Anwender ist die Darstellung im Zeitbereich oft anschaulicher als die im Frequenzbereich. Die folgenden Messungen wurden an einem 4-lagigen Multilayer im Format einer Europakarte vorgenommen. Das Stromversorgungssystem dieser Karte ist flächig ausgelegt. Der Abstand zwischen V_{CC} - und

GND-Fläche ist $100\ \mu\text{m}$. Das Flächensystem ist durch eine Kondensatorgruppe, die in der Mitte der Platine positioniert ist, entkoppelt.

In Bild 1 sieht man das Flächenstromsignal in Nähe des V_{CC} -Pins eines 74 AC 163. Die Amplitude bildet das Ausmaß der Änderung des magnetischen Feldes ab und ist damit proportional zur Stromänderung in der Fläche an dieser Stelle. Der zeitliche Ablauf ist recht schnell. Die Flankenzeit liegt im Subnanosekunden-Bereich.

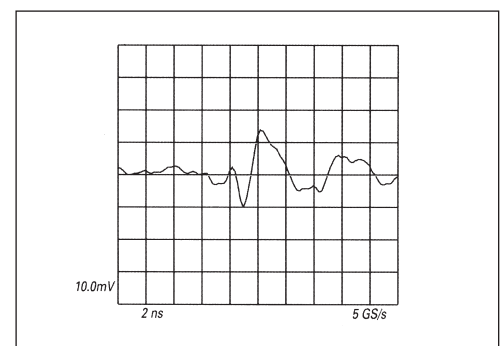


Bild 1: Flächenstromsignal in der Nähe des V_{CC} -Pins eines 74 AC 163

Dies hat seine Ursache darin, dass hochfrequente Stromkomponenten vor allem in der unmittelbaren Nähe des V_{CC} -Pins fließen, denn sie können nur aus der Ladung der V_{CC} -Fläche selbst entnommen werden. Über größere Zuleitungen können die hochfrequenten Komponenten nicht zugeführt werden, da deren Impedanz zu groß ist. Am V_{CC} -Pin selbst ist kein Stützkondensator angebracht, weil dieser ebenfalls hochfrequente Komponenten des Stromes nicht zu liefern vermag. Natürlich ist das V_{CC} -GND-System in der Flächenmitte mit einer Kondensatorgruppe zusätzlich gestützt. Diese Kondensatorgruppe vermag jedoch nur die niedrigen Frequenzkomponenten zu liefern.

Bild 2 zeigt die Flächenstromänderung in der Nähe dieser Kondensatorgruppe. Man erkennt, dass dieses Signal wesentlich langsamer ist als das in Bild 1. Die Flankenzeit liegt bei drei Nanosekunden. Die Kondensatorgruppe kann den Strom nur langsam in die Fläche einspeisen. Solche Details lassen sich natürlich nur mit hochauflösenden Sonden, wie einer μH -Feld-Sonde, erkennen.

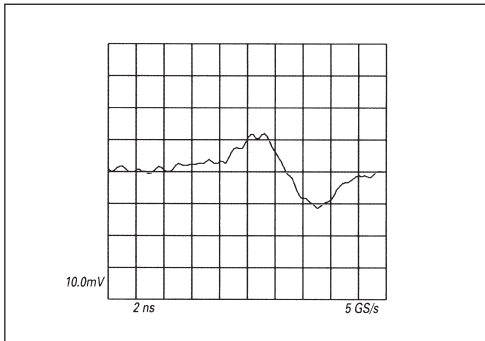


Bild 2: Flächenstromänderung in der Nähe einer Kondensatorgruppe.

Das nächste Beispiel zeigt uns die Wirkung absorptiver Entstörmaßnahmen. In Bild 3 ist das Signal unmittelbar am V_{CC} -Pin eines 74 AC 00 mit der μ H-Feld-Sonde entnommen worden. Die integrierte Schaltung wird hier aus einem nicht gedämpften V_{CC} -GND-Flächensystem gespeist. Die Änderungen des magnetischen Feldes sind sehr erheblich.

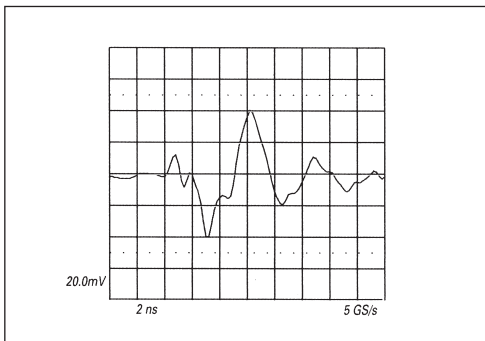


Bild 3: Signal unmittelbar am V_{CC} -Pin eines 74 AC 00

Im Gegensatz hierzu sieht man in Bild 4 das gleiche Signal, jedoch wird die Schaltung hier aus einem zweistufig gedämpften Stromversorgungssystem gespeist. Dies bedeutet, dass der V_{CC} -Pin über eine Breit-

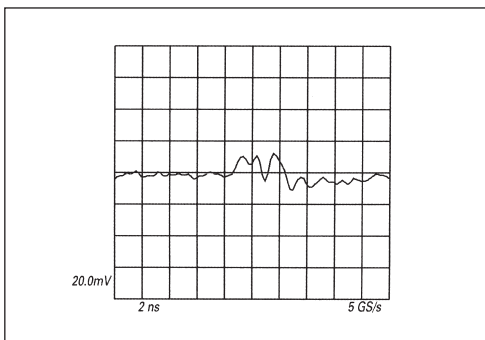


Bild 4: Vergleichsignal bei einem zweistufig gedämpften Stromversorgungssystem

banddrossel an die V_{CC} -Fläche angeschlossen ist, und außerdem ist diese Fläche aus Gründen der Dämpfung carbonisiert. Man erkennt, dass die Amplitude des Signals in Bild 4 wesentlich kleiner als die in Bild 3 ist. Die Wirksamkeit der Maßnahme ist bereits bei Anwendung der Sonden deutlich erkennbar, ohne dass ein größerer Aufwand an Messtechnik erforderlich wäre.

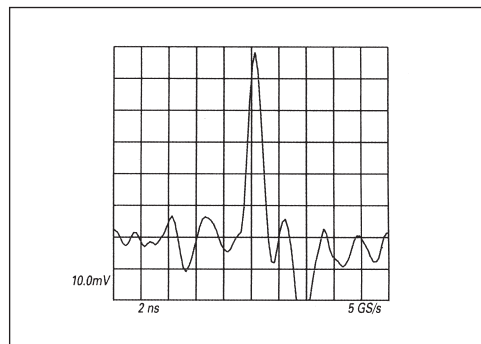


Bild 5: Das μ H-Sondensignal bei einem Aufbau ohne Entstörmaßnahmen

Als letztes Beispiel soll der Abgriff eines Sondensignals am Taktverteiler auf einer Europakarte geschehen. Das Signal wird unmittelbar am Ausgang des Takttreibers entnommen. In Bild 5 sieht man das μ H-Sondensignal in einem Aufbau, in dem keine Entstörmaßnahmen vorgenommen wurden. Es wird eine sehr große Amplitude von fast 60 mV erreicht.

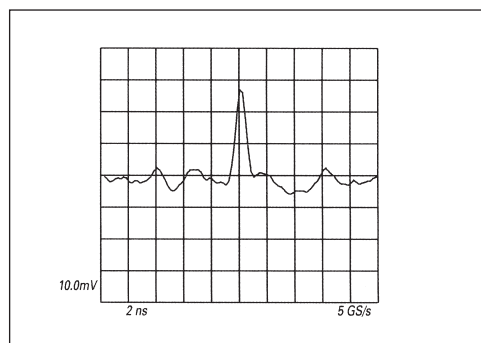


Bild 6: Halbierung der Signalamplitude durch einen Serienwiderstand am Ausgang des Takttreibers

Eine sehr beliebte Maßnahme zur Verbesserung der Situation ist die Einfügung eines Serienwiderstandes unmittelbar in den Ausgang des Takttreibers. Im vorliegenden Fall wurden 82Ω genommen. Bild 6 zeigt das Ergebnis: Die Signalamplitude ist halbiert. Auch in diesem Falle ist die Wirkung der Entstörmaßnahme unmittelbar erkennbar.

HZ530 Nahfeld-Mess-Sonden im Set



Der HZ530 SONDENSATZ besteht aus 3 aktiven Breitbandsonden für die EMV-Diagnose. Die Sonden sind zum Anschluss an einen HAMEG Spektrumanalysator vorgesehen und besitzen am coaxialen Ausgang eine Impedanz von 50 Ω. Die Sonden werden vom Spektrumanalysator oder von Batterien versorgt. Auch in beengter Prüfumgebung ist, durch die schlanke Bauform, der Zugang zum Prüfling möglich.

Die H-Feld-Sonde gibt einen der magnetischen Wechselfeldstärke proportionalen Pegel an den Spektrumanalysator ab. Damit können Störquellen relativ präzise lokalisiert werden.

Die Hochimpedanzsonde ist sehr hochohmig und ermöglicht die Untersuchung des Störpegels auf einzelnen Kontakten oder Leiterbahnen.

Die E-Feldsonde hat die höchste Empfindlichkeit. Mit ihr lässt sich die Gesamtwirkung von Abschirmung und Filtermaßnahmen an einem Gerät beurteilen.

Technische Daten bei 23 °C ± 2 °C

Frequenzbereich: 100 kHz bis 1 GHz

Versorgungsspannung: 6 V DC aus Spektrumanalysator oder Batterien, 4 x Mignon (AA), nicht im Lieferumfang

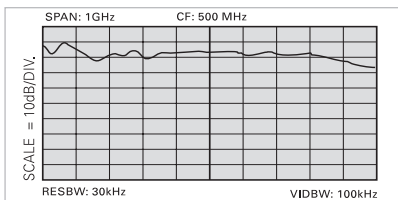
Stromaufnahme: ca. 10 bis 24 mA DC

Sondenmaße: 40 x 90 x 195 mm

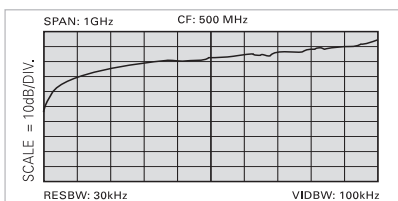
Gehäuse: Kunststoff, innen elektrisch geschirmt

Lieferumfang: 1 E-Feld-Sonde
1 H-Feld-Sonde
1 Hochimpedanzsonde
1 BNC-Kabel 1,5 m
1 Spannungsversorgungskabel
Bedienungsanleitung
Stabiler Transportkoffer

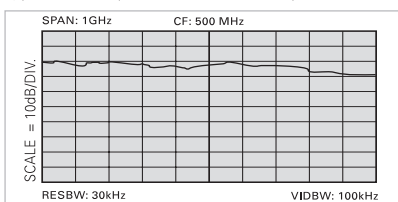
Typischer Frequenzverlauf E-Feld-Sonde



Typischer Frequenzverlauf H-Feld-Sonde



Typischer Frequenzverlauf Hoch-Impedanz-Sonde



V-Zweileiter Netznachbildung HM6050-2



Messung leitungsgebundener Störungen
im Bereich 9 kHz bis 30 MHz (CISPR 16)

Transient Limiter (zuschaltbar)

Handnachbildung

Technische Daten bei 23 °C ± 2 °C

Frequenzbereich:	9 kHz bis 30 MHz
Nachbildwiderstand:	Z = 50 Ω (50 μH + 5 Ω), Fehler < 20 % gemäß VDE 876T1
zul. Betriebsstrom:	16 A
Netzspannung:	230 V/50 - 60 Hz, Cat II
Handnachbildung:	220 pF + 511 Ω
Schutzleiternachbildung:	50 μH 50 Ω

Transient Limiter

Frequenzbereich:	150 kHz bis 30 MHz
Durchgangsdämpfung:	10 dB (+1,5/- 0,5 dB)

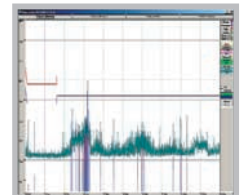
Anschlüsse

Messausgang:	50 Ω BNC
Prüflingsanschluss:	Schukosteckdose
Handnachbildung:	4 mm Buchse
Netzkabel:	fest

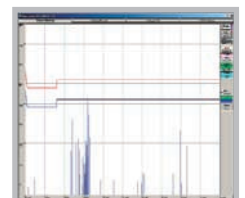
Verschiedenes

Betriebsbedingungen:	10 °C bis 40 °C
Netzanschluss:	115/230 V ± 10 %, 50 - 60 Hz
Schutzart:	Schutzklasse I (IEC1010-1/VDE 0411)
Maße u. Gewicht:	B 285, H 125, T 380 mm, ca. 6 kg

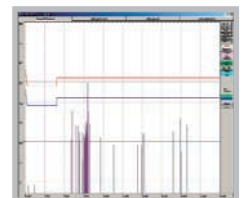
Erfassung leitungsgebundener Störungen mit HM5014



Erfassung leitungsgebundener Störungen mit HM5014



Erfassung leitungsgebundener Störungen mit HM5014



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Systemgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Bauteiletester

Optionen

Zubehör

Technische Daten



HAMEG Netzgeräte

Ob Labor oder Fertigung, die Netzgeräte von HAMEG sind überall zuverlässig im Einsatz. Die Netzgeräte sind übersichtlich konzipiert und erlauben eine einfache und intuitive Bedienung. Automatisierte Testumgebungen steuern das HM7044 oder das HM8143. Über die RS-232 Schnittstelle oder den IEEE-488 Bus werden die Netzgeräte in den Prüfplatz eingebunden. In Verbindung mit anderen steuerbaren Messgeräten von HAMEG lassen sich so auf einfache Weise professionelle Messplätze preiswert zusammenstellen.



Standardeigenschaften

Netzgeräte von HAMEG verfügen über erd-freie, überlastungs- und kurzschlussfeste Ausgänge. Durch die eingesetzte Linearregelung wird eine geringe Restwelligkeit der Ausgangsspannung erreicht. Die eingestellten Werte lassen sich bequem auf den getrennten Anzeigen für Strom und Spannung ablesen. Mit der Möglichkeit zum Parallel- oder Serienbetrieb entscheiden Sie, ob eine größere Spannung oder ein höherer Strom aus der zur Verfügung stehenden Geräteleistung generiert wird. Die allen Geräten eigene Strombegrenzung ist fein einstellbar und schützt die angeschlossenen Verbraucher im eingestellten Bereich.

Per Tastendruck lässt sich die Spannung an den Ausgängen bequem zu- und wegschalten, ohne das Netzgerät selbst vollständig ein- oder auszuschalten. Um die Netzgeräte selbst vor Schäden zu schützen, ist ein thermischer Überlastschutz vorhanden. Die beiden Netzgeräte HM7044 und HM7042-5 besitzen zusätzlich einen temperaturgeregelten Lüfter.

Ein- / Ausschalten der Ausgänge

Bei allen HAMEG Netzgeräten lassen sich die Ausgangsspannungen durch Tastendruck ein- und ausschalten. Das Netzgerät bleibt dabei in Betrieb. Somit lassen sich vorab die gewünschten Ausgangsgrößen komfortabel einstellen und danach mit der OUTPUT-Taste dem Verbraucher zuschalten.

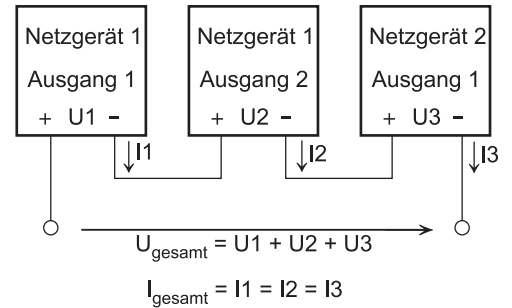
Parallel- und Serienbetrieb

Bedingung für diese Betriebsarten ist, dass die Ausgangsspannungen, welche kombiniert werden sollen, voneinander unabhängig sind. Dabei können die Ausgänge eines Netzgerätes mit den Ausgängen eines weiteren Netzgerätes verbunden werden. Ist dies der Fall, werden beim Serienbetrieb die Ausgangsspannungen wie folgt verschaltet:

Serienbetrieb

Vorsicht Hochspannung!

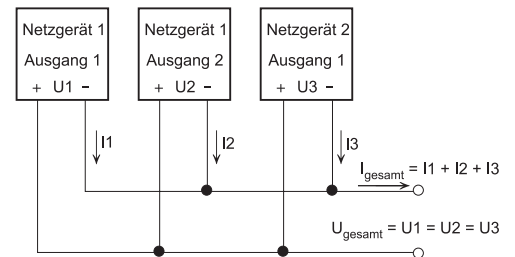
Wie Sie sehen, addieren sich bei dieser Art der Verschaltung die einzelnen Ausgangsspannungen. Die dabei entstehende Ge-



Serienbetrieb

samtspannung kann leicht die Schutzkleinspannung von 42V überschreiten. Beachten Sie, dass in diesem Fall das Berühren von spannungsführenden Teilen lebensgefährlich sein kann. Der maximal mögliche Strom bei Serienschaltung ist durch den Ausgang mit dem kleinsten Maximalstrom vorgegeben. Es fließt durch alle Ausgänge der selbe Strom.

Parallelbetrieb



Parallelbetrieb

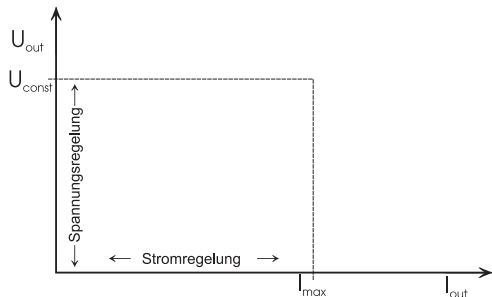
Ist es notwendig, den Gesamtstrom zu vergrößern, werden die Ausgänge der Netzgeräte parallel geschaltet. Die Ausgangsspannungen der einzelnen Ausgänge sind gleich groß und sind begrenzt durch den Ausgang mit der kleinsten maximalen Ausgangsspannung. Der maximal mögliche Gesamtstrom ist die Summe der Einzelströme der parallel geschalteten Quellen.

Stop! Gefahr für das Gerät

Achten Sie beim Einstellen der parallel geschalteten Netzgeräte darauf, dass die Ströme der einzelnen Quellen gleichmäßig verteilt sind. Es können bei parallelgeschalteten Netzgeräten Ausgleichsströme innerhalb der Netzgeräte fließen. Falls Sie ein Netzgerät eines anderen Herstellers als HAMEG verwenden, welches nicht überlastsicher ist, könnte dies durch die ungleiche Stromverteilung zerstört werden.

Strombegrenzung und elektronische Sicherung

Strombegrenzung bedeutet, dass nur ein bestimmter maximaler Strom fließen kann. Dieser wird vor der Inbetriebnahme einer Versuchsschaltung am Netzgerät eingestellt. Damit soll verhindert werden, dass im Fehlerfall (z.B. Kurzschluss) der Schaden an der Versuchsschaltung zu groß wird.



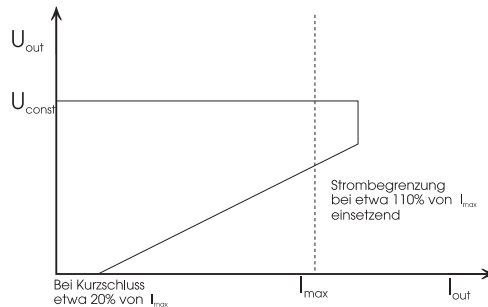
U-I-Kennlinie

Im Bild erkennen Sie, dass die Ausgangsspannung U_{out} unverändert bleibt und der Wert für I_{out} immer größer wird (Bereich der Spannungsregelung). Wird nun der eingestellte Stromwert I_{max} erreicht, setzt die Stromregelung ein. Das bedeutet, dass trotz zunehmender Belastung der Wert von I_{out} nicht größer wird. Stattdessen wird die Spannung U_{out} immer kleiner. Im Kurzschlussfall fast 0V. Der fließende Strom bleibt jedoch auf I_{max} begrenzt und konstant. HAMEG Netzgeräte sind aus diesem Grund als Stromquellen verwendbar und regeln dann, statt der Spannung, den Strom auf einen konstanten Wert. Stellen Sie vor Inbetriebnahme Ihrer Versuchsschaltung den maximal zulässigen Stromwert ein. So wird sichergestellt, dass im Fehlerfall die Versuchsschaltung entsprechend geschützt ist.

Um einen angeschlossenen empfindlichen Verbraucher im Fehlerfall noch besser vor Schaden zu schützen, besitzen das HM8040-3, das HM7042-5 und das HM7044 eine elektronische Sicherung. Diese schaltet innerhalb kürzester Zeit nach Überschreiten von I_{max} den Ausgang des Netzgerätes aus. Es fließt dann überhaupt kein Strom.

Manche Netzgeräte auf dem Markt sind mit einer rücklaufenden U-I-Kennlinie ausgestattet. Im Überlast- oder Kurzschlussfall setzt bei ca. 110% des maximalen Stromes die Strombegrenzung ein und regelt den

Strom je nach Belastung zurück. Im Kurzschlussfall bis auf ungefähr 20% von I_{max} (current fold back). Nach Beseitigen der Überlast kehrt das Netzteil selbständig zum Normalbetrieb zurück.



Rücklaufende U-I-Kennlinie

Trackingbetrieb

Es werden verschiedene Ausgänge miteinander verknüpft. Damit wird erreicht, dass bei Änderung der Ausgangsspannung die Ausgangsspannungen der verknüpften Ausgänge im selben Verhältnis folgen. Beispielsweise wird Spannung 1 von 10V auf 12V geändert, die Spannung 2 und Spannung 3 regeln von 5V auf 6V nach. Der vierte Ausgang regelt von 20V auf 24V nach.

Ist dagegen der maximale Strom eines Ausganges begrenzt und wird dieser erreicht, gehen die Ausgangsströme der verknüpften Kanäle ebenfalls in die Strombegrenzung. Wird die elektronische Sicherung im Trackingbetrieb benutzt, wird der überlastete Ausgang abgeschaltet. Die verknüpften Ausgänge werden dem überlasteten Ausgang folgend ebenfalls ausgeschaltet.

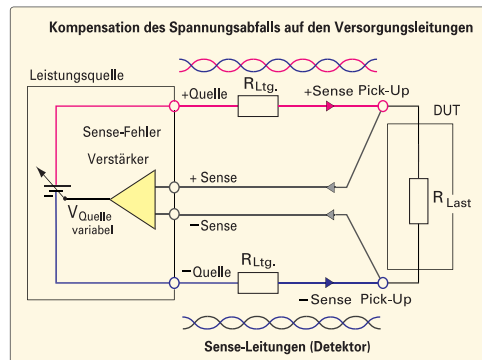
SENSE Betrieb (Zuleitungskompensation)

Eine Regelschaltung überwacht mit Hilfe der SENSE-Leitungen ständig die Spannung direkt am Verbraucher. Fließt nun ein Strom über die Zuleitungen zum Verbraucher, erzeugt dieser Strom an den Zuleitungen einen Spannungsabfall. Die Spannung U_{Last} am Verbraucher R_{Last} ist nun um diesen Spannungsabfall geringer.

$$U_{Last} = U_{Quelle} - U_{Zuleitung}$$

$$U_{Zuleitung} = I_{Last} \times R_{Zuleitung}$$

Diesen Spannungsabfall über den Zuleitungen gilt es nun auszugleichen. Dazu wird mit den SENSE-Leitungen direkt die Spannung am Verbraucher gemessen. Weil es sich bei dieser Messung um eine hochohmige Spannungsmessung handelt, fließt nur ein sehr geringer Strom in den SENSE-Leitungen. Der dabei entstehende Spannungsabfall über den SENSE-Leitungen ist wegen des sehr geringen Messstromes vernachlässigbar. Die über die SENSE-Leitungen dem Netzgerät zugeführte Spannung entspricht also der Spannung über dem Verbraucher R_{Last} . Da nun die Verbraucherspannung um die Spannung $U_{Zuleitung}$ geringer ist, erhöht das Netzgerät die Spannung an den Ausgangsbuchsen U_{Quelle} genau um diesen Betrag. Somit wird der Spannungsabfall über den Versorgungsleitungen ausgeglichen und am Verbraucher liegt die gewünschte Spannung auch wirklich an.



HM8040-3 Dreifach Netzgerät

Das besonders kompakte und robuste Netzgerät aus dem Modularsystem 8000 wurde speziell für Strom- und Spannungsversorgung von Versuchsaufbauten in der



Ausbildung, im Service und im Labor entwickelt. Das HM8040-3 besitzt eine lineare Längsregelung und liefert mit seinen 3 voneinander unabhängigen Spannungen eine Gesamtleistung von ca. 25 W. Neben der geringen Restwelligkeit und dem guten Regelverhalten bietet das HM8040-3 eine sehr gute Qualität bei einem optimalen Preis-/Leistungsverhältnis. Zum Betrieb wird das Grundgerät HM8001-2 bzw. HM8003 benötigt.

HM7042-5 Dreifach Netzgerät

Dieses Netzgerät bietet Ihnen eine preiswerte und leistungsfähige Alternative zu vielen Standardgeräten am Markt. Neben einer geringen Restwelligkeit und einem



hohen Wirkungsgrad kann das HM7042-5 alles, was ein Labornetzgerät können muss. Es sind 3 voneinander unabhängige Spannungen vorhanden. Diese können Sie im Serienbetrieb zu einer größeren Ausgangsspannung zusammenschalten oder im Parallelbetrieb einen größeren Strom entnehmen. Zusätzlich zur vorhandenen Strombegrenzung ist das HM7042-5 mit einer Überstromabschaltung ausgestattet.

HM7044 Hochleistungs-Netzgerät

Die hohe Spannungs- und Stromstabilität der Ausgänge und seine programmierbare Strombegrenzung und elektronische Sicherung für jeden Ausgang machen das HM7044 zu einem universellen Präzisionsgerät, speziell für den Labor- und Testbereich. Der Trackingbetrieb sorgt für simultane Änderungen der Ausgänge oder auch für das Abschalten einzelner oder aller Ausgänge bei Überschreitung des eingestellten Grenzwertes. Über die SENSE-An-



schlüsse wird die Spannung an der Last direkt gemessen und Spannungsabfälle werden kompensiert.

HM8143 Arbitrary Netzgerät

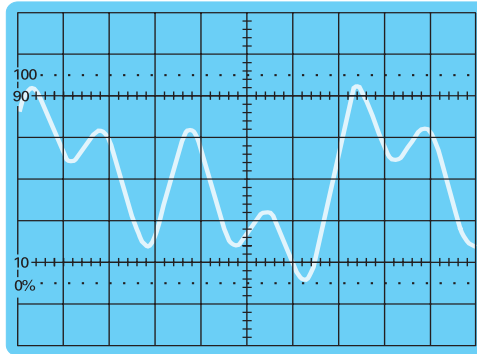
Das HM8143 ist ein multifunktionelles Arbeitstier. Sie erhalten preiswert und platzsparend 3 Geräte in einem:



(Abb. ähnlich)

Ein Netzgerät für Serien- oder Parallelbetrieb mit 3 galvanisch getrennten, erdfreien Ausgängen, die über Tastendruck ein-/aus-schaltbar sind. Die beiden 30V/2A-Ausgänge lassen sich extern modulieren oder erlauben im Trackingbetrieb die Strom- und Spannungsparameter simultan zu ändern. SENSE-Anschlüsse sorgen für die korrekte Regelung der 30V-Ausgänge direkt am Verbraucher. Bevorzugt für digitale Schaltungen ist selbstverständlich ein 5V/2A-Ausgang vorhanden.

Ein Arbitrary Waveform Generator mit 512 Stützpunkten zur Erzeugung benutzerdefinierter Ausgangssignale im NF-Bereich. Arbitrary-Signale werden auf digitaler Basis erzeugt und sind einfach zu definieren. Generell besteht ein Arbitrary-Signal aus einer Anzahl von Amplitudenwerten, deren zeitliche Anordnung die Form des Signals während einer Periode beschreibt. Das Signal ist vom Anwender innerhalb der vorgegebenen Gerätespezifikationen frei definierbar und wird im Gerät abgespeichert.

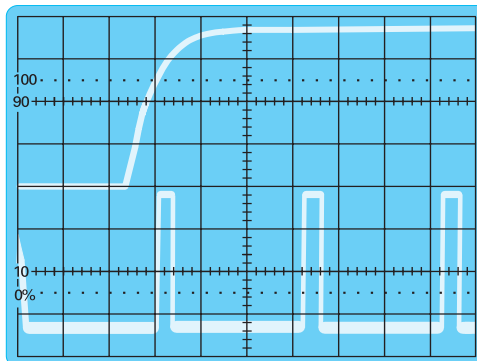


Arbitrarsignal NF

Arbitrary-Signale können über eine serielle Schnittstelle oder eine IEEE-488 Schnittstelle definiert werden.

Modulation

Über die Eingänge an der Geräterückseite lassen sich die 30V-Ausgänge modulieren. Eine hohe Slew Rate von $0,7V/\mu s$ bei der Modulation und eine minimale Pulsbreite von $100\mu s$ im Arbitrarybetrieb ermöglichen die Simulation komplexer Lastprofile unter dynamischen Bedingungen. Bei externer Modulation lässt sich der niedrige Klirrfaktor der linearen Ausgangsstufe über den gesamten Leistungsbereich nutzen.



Slew Rate $0,7V/\mu s$

Eine elektronische Last, belastbar mit 60W. Dabei sind Ströme bis 2A pro Kanal möglich. Der Wechsel zwischen den Betriebsarten erfolgt automatisch und wird mit einem Minuszeichen vor dem angezeigten Stromwert signalisiert.

Für die Geräte HM7044 und HM8143 sind LabView-Treiber verfügbar und stehen unter <http://www.hameg.de> zum Download zur Verfügung.

Dreifach-Netzgerät HM7042-5



2x 0-32V/0-2A 0-5,5V/0-5A

Getrennte Anzeigen für Strom und Spannung für jeden Ausgang:
4-stellig bei Kanal I+III; 3-stellig bei Kanal II

Auflösung der Anzeige:
10 mV/1 mA bei Kanal I+III; 10 mV/10 mA bei Kanal II

Einstellbare Strombegrenzung,
elektronische Sicherung für alle Ausgänge

Taste zum Ein-/Ausschalten der Ausgänge

Geringe Restwelligkeit, hohe Ausgangsleistung
und sehr gutes Regelverhalten

Temperatur geregelter Lüfter

Technische Daten siehe Seite 118

Silikon-Messleitung HZ10



Vierfach Hochleistungs-Netzgerät HM7044



4x 0-32V/0-3A

Ausgangsleistung bis zu 384 W,
geringe Verlustleistung durch Vorregelung mit DC/DC-Wandler

4-stellige Anzeigen für Strom und Spannung

Auflösung der Anzeige 10 mV/1 mA

Linearer Längsregler mit geringer Restwelligkeit

Trackingbetrieb für alle Ausgänge

Einstellbare Strombegrenzung und elektronische Sicherung
separat für jeden Ausgang

SENSE-Anschlüsse für jeden Ausgang

Temperaturgeregelter Lüfter

Technische Daten siehe Seite 118



Silikon-Messleitung HZ10



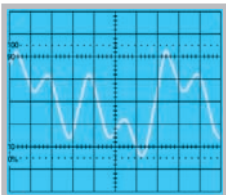
Arbitrary - Netzgerät HM 8143

4. Quartal



Abbildung ähnlich

NF-Arbitrarsignal



H0880 IEEE-488 Interface
(Abb. ähnlich)



H0890 RS-232 Interface
(Abb. ähnlich)



2x 0-30 V/0-2 A 5 V/0-2 A

Auflösung der Anzeige 10 mV/1 mA

Arbitrary-Netzgerät (512 Stützpunkte)

Trackingbetrieb für 30 V Ausgänge

Externe Modulation der Ausgangsspannungen

Elektronische Last bis 60 W pro Kanal (max. 2 A)

SENSE-Anschlüsse

Multimeter-Betriebsart für alle einstellbaren Ausgänge

Technische Daten siehe Seite 119



Dreifach-Netzgerät HM8040-3



2x 0-20V/0,5A 5V/1A

3-stellige Anzeige, unabhängig für Strom und Spannung

Auflösung der Anzeige 0,1V/1mA

Einstellbare Strombegrenzung

Linearer Längsregler

Niedrige Restwelligkeit und geringes Rauschen

Taste zum Ein-/Ausschalten der Ausgänge

Elektronische Sicherung

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 119

Grundgerät HM8001-2



Grundgerät HM8003



Silikon-Messleitung HZ10



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Systemgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Bauteiletester

Optionen

Zubehör

Technische Daten



HAMEG Systemgeräte

Prüfplätze in der Produktion und automatisierte Testabläufe im Labor sind das ideale Einsatzgebiet für die Systemgeräte von HAMEG. Über den IEEE-488 Bus oder die RS-232 Schnittstelle sind die Geräte der Serie 8100 einfach in einen Prüfaufbau zu integrieren.

In Verbindung mit anderen steuerbaren Messgeräten von HAMEG lassen sich so auf einfache Weise leistungsfähige Messplätze preiswert zusammenstellen. Für den reinen Laboreinsatz kann jedes Gerät im „Stand-Alone-Betrieb“ auch manuell bedient werden.



Funktionsgeneratoren

HAMEG bietet mit dem HM8130 einen guten und preiswerten Signalgenerator, der in keinem Labor fehlen darf. Der Frequenzbereich reicht von 10 mHz bis 10 MHz. Die eingestellte Signalfrequenz lässt sich auf der Digitalanzeige des Gerätes mit Frequenzzählergenauigkeit ablesen. Neben der Funktion als Arbitrary-Generator besitzt der HM8130 eine Wobbeleinrichtung, externe Triggerung und die Möglichkeit der Torsteuerung über einen Gateeingang. Trotz umfangreicher Ausstattung lässt sich das Gerät intuitiv und einfach bedienen.

Der Ausgang liefert eine Signalspannung bis zu 20 V_{SS}, ist kurzschlussfest, sowie gegen externe Fremdspannung bis zu ±15 V geschützt. Bemerkenswert ist die schnelle Anstiegszeit von Rechtecksignalen von < 10 ns bei kaum vorhandenem Überschwängen.



Funktionsgenerator HM8130

Der HM8131-2 bietet neben den Grundfunktionen wie der HM8130 (außer Pulsbreitenmodulation), weitere Signale wie weißes und rosa Rauschen, sowie die Möglichkeiten der Modulationsarten FSK und PSK. Der Generator erzeugt die Signale im DDS-Verfahren mit hoher Genauigkeit und der Stabilität eines Synthesizers.

Arbitrary-Signale stehen bis zu einer Frequenz von 10 MHz zur Verfügung und werden mit 12 Bit in vertikaler Richtung aufgelöst. Die Taktrate zum Auslesen beträgt 40 MS/s. Die Speichertiefe für Signale kann 4 K-Worte oder 16 K-Worte betragen. Signaldaten und Einstellparameter lassen sich auf einer S-RAM Karte speichern und auslesen sowie nachträglich bearbeiten. Der im HM8131-2 integrierte Arbitrary-Editor erlaubt den freien Zugriff auf jeden einzelnen Punkt einer Arbitrary-Funktion.

Neben externer Triggerung und Torsteuerung erlaubt der HM8131-2 die Einspeisung

eines externen Referenzsignals zur Erhöhung der Genauigkeit des ohnehin schon sehr präzisen internen Oszillators. In Verbindung mit der Master-/Slave-Funktion lassen sich so bis zu 3 Generatoren – auch phasenverschoben – miteinander synchronisieren.

Wie auch der HM8130 besitzt der HM8131-2 eine sehr schnelle Ausgangsstufe mit hoher Bandbreite, niedrigem Rauschen und nur geringem Überschwängen.



Arbitrary-Funktionsgenerator HM8131-2

Auch der HM8143 – eigentlich ein Netzgerät – verdient eine Anmerkung im Rahmen der Funktionsgeneratoren. Seine Ausstattung mit der Arbitraryfunktion erlaubt es, Spannungsverläufe als selbstdefinierte „Signale“ mit Strömen bis zu 2 A zu erzeugen. Der Frequenzbereich des Gerätes reicht bis ca. 8 kHz, wobei bis zu 512 Parameterkombinationen von Spannung und Zeit den Kurvenverlauf des Ausgangssignals bilden.



Arbitrary Netzgerät HM8143 (Abb. ähnlich)

Bei den HF-Synthesizern HM8134-3 und HM8135 handelt es sich um hochpräzise und einfach zu bedienende Signalquellen mit einem Frequenzbereich von 1 Hz bis 1,2 GHz resp. 3 GHz.

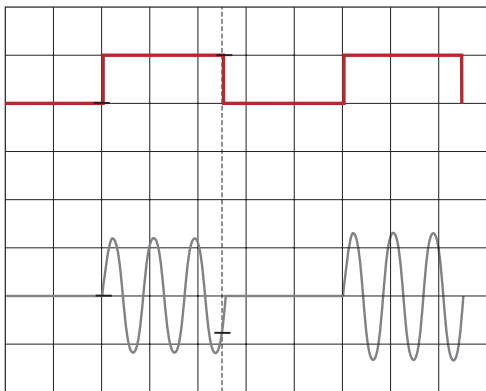


HF-Synthesizer HM8135

Betriebsarten und Funktionen

Trigger

Für die Betriebsart „getriggert“ wird das Triggersignal dem entsprechenden Eingang am Funktionsgenerator zugeführt. Die Betriebsart Trigger ist synchron. Das durch das Triggersignal freigegebene Ausgangssignal beginnt deshalb immer im Nulldurchgang. Abhängig von der Länge des Triggersignals werden eine, oder auch mehrere, vollständige Signalperioden erzeugt. Eine angefangene Signalperiode wird komplett durchlaufen, selbst wenn das Triggersignal nicht mehr anliegt.

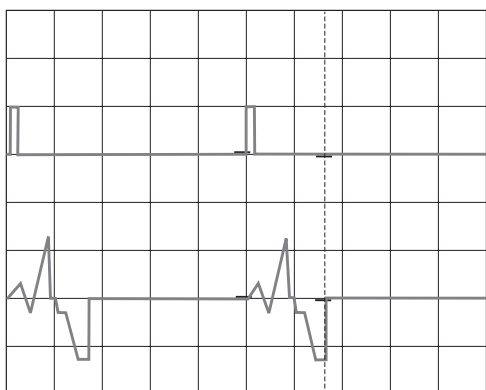


Trigger positive Flanke

Mit der ansteigenden Flanke des rechteckförmigen Triggersignals beginnt der Sinus. Der „Signal-Zyklus“ endet nach der Komplettierung der Signalperiode, welche der abfallenden Flanke des Triggersignals folgt.

Burstbetrieb

Burstsignale lassen sich durch ein externes Triggersignal erzeugen. Dieses kann entweder über die PC-Schnittstelle oder einen weiteren Generator ausgelöst werden.



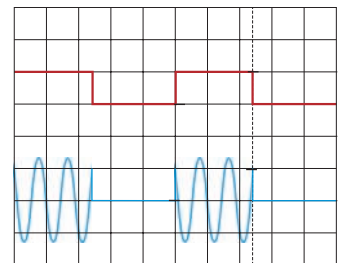
Burstsignal mit positivem Trigger

Das im Arbitrarymode erzeugte Burstsignal wird durch einen kurzen Triggerimpuls ausgelöst. Ist das Triggersignal kürzer als die Signalperiode des Bursts, wird nur eine vollständige Periode des Burstsignals generiert.

Gate (Torzeitsteuerung)

Im torzeitgesteuertem Betrieb wird das Ausgangssignal von einem Signal gesteuert, welches ebenfalls dem Triggereingang zugeführt wird. Die Torzeitsteuerung ist asynchron, d.h. das Ausgangssignal wird in der Phase zu beliebigen Zeiten „angeschnitten“. Mit dem Impuls am Gate wird das Ausgangssignal durchgeschaltet. Bei der Triggerung startet das Ausgangssignal immer im Nullpunkt der Signalperiode. Bei Torzeitsteuerung ist der Startpunkt unabhängig von der Phasenlage des Signals. Das Signal startet irgendwo innerhalb der Signalperiode und endet gleichzeitig mit dem Gateimpuls.

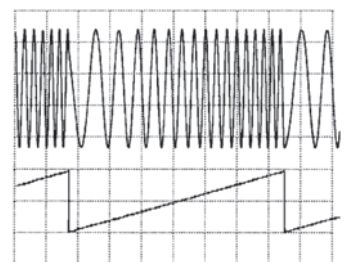
Ein Ausgangssignal wird immer dann generiert, wenn das Gate-Signal „HIGH“ (TTL) ist. Bei „LOW“ am Triggereingang (Gate) wird kein Signal erzeugt. In der nebenstehenden Skizze ist deutlich zu sehen, wie der Sinus zu Beginn und Ende der Torzeit angeschnitten ist.



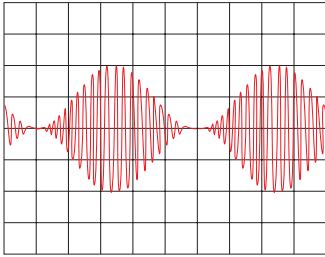
Gate positive Flanke

Wobbetrieb (Sweep)

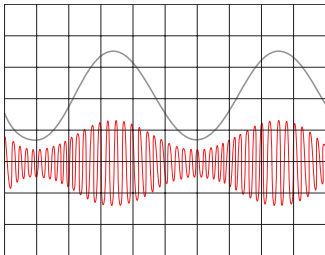
Die aktivierte Wobbelfunktion wird durch eine LED signalisiert. Die Betriebsparameter Sweepzeit, Startfrequenz und Stoppfrequenz lassen sich unabhängig voneinander einstellen und können während des Betriebs verändert werden. In solchen Fällen wird das aktuelle Wobbelsignal (Sweep) an der jeweiligen Stelle abgebrochen und ein neuer Durchgang gestartet. Im Display wird der jeweils aktivierte Parameter angezeigt. Diese Art der „Online“-Einstellung ermöglicht es, den Einfluss unterschiedlicher Parameter schon während der Veränderung direkt am Signalausgang zu beobachten. Besitzt die Startfrequenz einen kleineren Wert als die Stoppfrequenz, erfolgt die Wobbelung von der niedrigeren zur höheren Frequenz. Wird die Startfrequenz größer als die Stoppfrequenz eingestellt, erfolgt die Wobbelung von der höheren zur niedrigeren Frequenz. Die Wobbelzeit ist einstellbar und kann beim HM8131-2 mit einem linearen oder logarithmischen Verlauf gewählt werden.



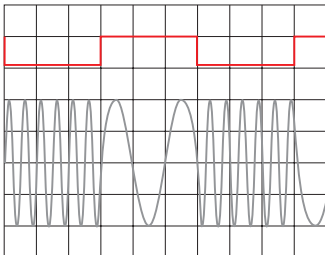
Gewobbeltes Ausgangssignal



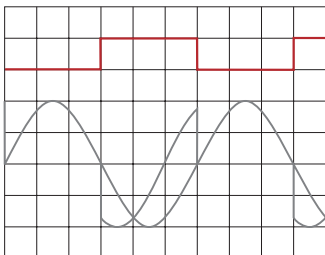
Interne Signalquelle: HM8131-2:
 $U_a=10 V_{SS}$, 20 kHz, 5 V/cm ; 100 % Mo-
 dulation am Generator eingestellt



Generator1: $U_e=1,40 V_S$, 1 kHz, 1 V/div;
 HM8131-2: $U_a=10 V_{SS}$, 20 kHz, 5 V/div;
 50 % Modulation am Generator eingestell



FSK Signal 500 Hz/2 kHz



PSK Signal
 $Ph0=70^\circ$; $Ph1=0^\circ$ phasenverschoben

Beim Wobbelvorgang mit dem HM8131-2 wird die Frequenz des Ausgangssignals schrittweise verändert. Dabei wird abhängig von der eingestellten Wobbelzeit eine unterschiedliche Anzahl von Schritten verwendet.

AM Amplitudenmodulation

Bei der Amplitudenmodulation wird einem hochfrequenten Trägersignal ein niederfrequentes Informationssignal überlagert. Der Modulationsgrad gibt an, wie stark die Amplitude des Trägersignals vom Informationssignal beeinflusst wird. Im nebenstehenden Bild ist als obere Kurve der Signalverlauf der niederfrequenten Information zu sehen. Darüber ist das Trägersignal mit einem Modulationsgrad $m=100\%$ abgebildet. Wird der Modulationsgrad auf 50 % eingestellt, ergibt sich nebenstehende Anzeige.

FSK Frequency Shift Keying

Die Modulationsart FSK, auch Frequenzumtastung genannt, erzeugt ein Signal, welches zwischen zwei vorgegebenen Frequenzen wechselt. Die erste Frequenz „ f_0 “ auch Trägerfrequenz (Carrier) genannt und die zweite Frequenz „ f_1 “ auch als Sprungfrequenz (Hop) bezeichnet. Dieser Wechsel ist abhängig von dem Signal, welches dem Triggereingang zugeführt wird. Trägersignal und Sprungsignal lassen sich in der Frequenz unabhängig voneinander einstellen.

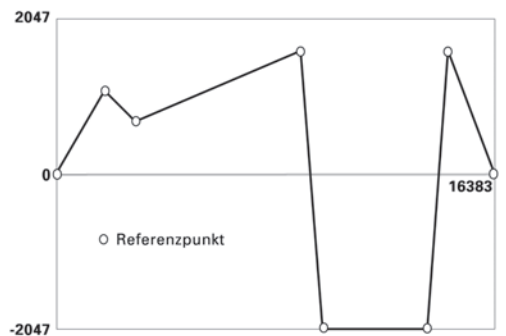
PSK Phase Shift Keying

Die Modulationsart PSK, auch Phasenumtastung genannt, erzeugt ein Signal, welches abhängig von einem Triggersignal die Phasenlage wechselt. Das Bild zeigt ein Rechtecksignal mit 5V TTL-Pegel. Ebenfalls ist ein Sinussignal sichtbar, dessen Nulldurchgänge zur gleichen Zeit erfolgen wie die Flanken des Rechtecksignals. Dies ist das nicht phasenverschobene Sinussignal. Das zweite, angeschnittene Sinussignal zeigt das PSK Signal. Dies ist während des HIGH-Pegels um den Phasenwinkel $Ph0=70^\circ$ und während des LOW-Pegels um $Ph1=0^\circ$ phasenverschoben.

Arbitrary

Die Arbitrary-Signale werden auf digitaler Basis erzeugt und sind einfach zu definieren. Generell besteht ein Arbitrary-Signal aus einer Anzahl von Amplitudenwerten, deren zeitliche Anordnung die Form des Sig-

nals während einer Periode beschreiben. Die Signale sind vom Anwender innerhalb der vorgegebenen Gerätespezifikationen frei bestimmbar und werden im Gerät abgespeichert. Sobald ein Arbitrary-Signal definiert ist, lässt es sich wie jede andere Signalform aufrufen. Arbitrary-Signale können auf verschiedene Arten erstellt werden. Dies geschieht entweder über die Frontplattentastatur und dem in der Firmware integrierten Arbitrary-Editor (HM8131-2) oder über eine als Option erhältliche Schnittstelle. Auch die Übernahme eines Signals von einem Oszilloskop ist möglich. Software zur Datenübertragung über die serielle Schnittstelle ist auf der HAMEG Homepage verfügbar.



Es ist grundsätzlich zu beachten, dass bei frei definierten und digital erzeugten Kurvenformen, Frequenzanteile im Oberwellenspektrum enthalten sind, welche weit oberhalb der eigentlichen Signalfrequenz liegen. Seien Sie vorsichtig und bedenken Sie, welche Auswirkungen der Oberwellenanteil in den zu testenden Schaltungen haben könnte.

Rauschen

Der HM8131-2 bietet die Möglichkeit „Weißes“ oder „Rosa Rauschen“ zu erzeugen. Weißes Rauschen bedeutet, dass Frequenzen in einer zufälligen Folge, mit Frequenzwerten im Intervall von $[0 \text{ Hz bis } \infty]$, enthalten sind. Da „Unendlich“ bis dato noch immer nicht realisiert werden kann (wir arbeiten daran), bietet der HM8131-2 eine Bandbreite für Rauschen von 10 MHz. Beim „Rosa Rauschen“ handelt es sich um ein eingeschränktes Frequenzspektrum von niederfrequenten Signalen bis 100 kHz.

Offsetspannung

Zum Ausgangssignal kann eine negative oder positive Gleichspannung als Offset hinzugefügt werden. Das Einstellen der Offsetspannung ist sehr einfach. Es erfolgt mit dem Drehgeber oder der Tastatur. Das Vorhandensein einer Offsetspannung am Ausgang wird durch eine LED signalisiert. Im Diagramm sind zwei Signale gezeichnet. Die untere Kurve ohne Offset auf der GND-Linie mit einer Höhe von $10V_{SS}$. Die zweite obere Kurve hat einen Offset von +5V. Das bedeutet, das Wechselsignal wird mit einem Gleichanteil von 5V in positive Richtung verschoben.

Universalzähler

Der Universalzähler HM8123 besitzt 3 Eingänge mit hoher Empfindlichkeit und erlaubt die Messung von Signalen im Frequenzbereich zwischen DC und 2,6 GHz.



Universalzähler HM8123 (Abb. ähnlich)

Die hohe Zeitauflösung von 10 ns bei der Messung von Einzelimpulsen wird durch eine Oszillatorfrequenz von 200 MHz möglich. Darüber hinaus stehen noch Steuer- und Triggerfunktionen über Zusatzeingänge auf der Geräterückseite zur Verfügung. Dazu zählen Eingänge für Arming, Gate und Trigger sowie Ausgänge zur Darstellung der Gate- und Triggersignale.

Frequenzmessungen

Eine hohe Eingangsempfindlichkeit ist für Frequenzmessungen nicht immer wünschenswert. Sie macht den Zähler empfindlich gegen Rauschen. Deshalb sollten Frequenzen generell mit möglichst großer Abschwächung gemessen werden. Signale, welche einer Gleichspannung überlagert sind, sollten durch einen Koppelkondensator von dieser getrennt werden. Durch eine geringere Empfindlichkeit wirkt sich die AC-Kopplung nur bei sehr niedrigen

Frequenzen nachteilig aus. Ein zuschaltbares Tiefpassfilter sollte immer dann eingesetzt werden, wenn ein Eingangssignal niedriger Frequenz durch ein unerwünschtes Signal hoher Frequenz überlagert wird.

Zeitintervallmessungen

In der Betriebsart Zeitintervall A/B wird die Zeitspanne zwischen einem Ereignis am Eingang A (Startimpuls) und einem Ereignis am Eingang B (Stopimpuls) gemessen. Bei Zeitmessungen von einer einzelnen Quelle (z. B. Pulsbreitenmessung) wird nur Eingang A angeschlossen.

Pulsbreitenmessung

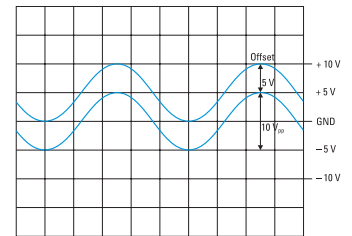
Die Pulsbreitenmessung ist ein Spezialfall der Zeitintervallmessung. Das Messsignal wird an den Eingang A angeschlossen und intern dem Eingang B zugeführt. Durch unterschiedliche Einstellung der Triggerflanken für Eingang A und Eingang B lässt sich die Pulsbreite ausmessen. Die Messung wird über Eingang A gestartet und über Kanal B gestoppt.

Arming

Durch Arming kann verhindert werden, dass ein Zählvorgang auf Grund von unerwünschten Eingangssignalen ausgelöst wird. Der ARMING Eingang stellt eine zusätzliche Triggerbedingung bereit. Solange an diesem Eingang ein TTL-LOW Pegel anliegt, startet der Zähler keine neue Messung. Allerdings werden vom Zähler die notwendigen Vorbereitungen für eine Messung getroffen. Die Messung wird ausgeführt, sobald das Arming Signal auf TTL-HIGH geht, die Triggerbedingungen erfüllt und die Startsynchrisierungszeit abgelaufen sind.

Gate

Der Gate Eingang erlaubt die volle Kontrolle von Start und Stop des Zählers. Wenn diese Funktion ausgewählt ist und am Gate TTL-LOW anliegt, trifft der Zähler alle Vorbereitungen für eine Messung. Die Messung startet mit dem Anliegen eines HIGH-Pegels an Gate und der Triggerung des Eingangssignals nach Ablauf der Startsynchrisierungszeit. Die Messung wird beendet, sobald das Signal an Gate von HIGH nach LOW wechselt. Das Gate Signal hat eine höhere Priorität als die eingestellte Torzeit.



Maximaler Offset: Diagramm mit zwei Sinuskurven,

6 $\frac{1}{2}$ - Digit Präzisions - Multimeter HM 8112 - 3



6 $\frac{1}{2}$ -stellige Anzeige (1.200.000 Punkte)

Auflösung 100 nV, 100 pA, 100 $\mu\Omega$, 0,01 °C/F

DC-Grundgenauigkeit 0,003 %

2-Draht/4-Draht Messung

Einstellbare Messintervalle von 0,1 sec bis 60 sec

Bis zu 100 Messungen pro Sekunde zum PC

Echte Effektivwertmessung AC+DC und AC

Offset-Korrektur

RS-232 Schnittstelle

Technische Daten siehe Seite 120

HZ42 19" Einbausatz 2HE



Genauere Temperatur-
messung mit Messfühler



8 kW Leistungs-Messgerät HM8115-2



Leistungsmessung bis 8 kW

Simultane Anzeige von Spannung, Strom und Leistung

Messung von Schein-, Wirk- und Blindleistung

Anzeige des Leistungsfaktors

Automatische Messbereichswahl, einfachste Bedienung

Für Messungen an Frequenzwandlern geeignet

Frequenzbereich DC bis 1 kHz

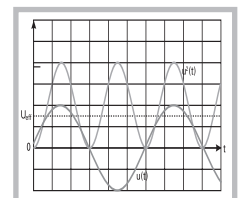
RS-232 Schnittstelle (inklusive Software)

Technische Daten siehe Seite 121

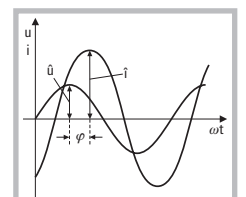
Adapter HZ815



Effektivwert



Wirkleistung



2,6 GHz Universalzähler HM 8123

3. Quartal



Abbildung ähnlich

HZ33, HZ34
Testkabel BNC/BNC



HZ42 19" Einbausatz 2HE



HZ20 BNC-Stecker mit
4mm Buchsen



Frequenzbereich von 0 Hz bis 2,6 GHz

200 MHz Zeitbasis mit 0,2 ppm Stabilität

Zwei identische Eingänge bis 200 MHz

9 Digit Auflösung bei 1 sec Messzeit

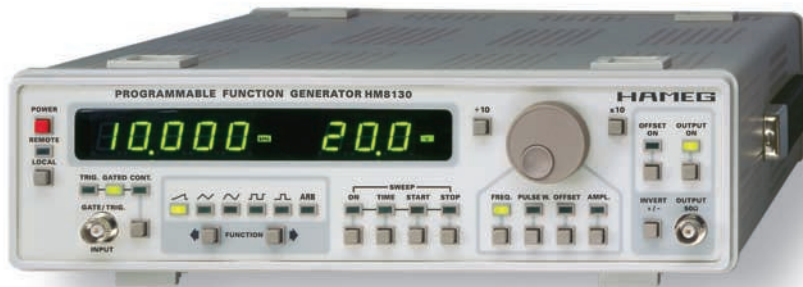
9 Messfunktionen, externes Gate und Arming

Eingang für externe Zeitbasis (Referenzsignal 10 MHz)

Technische Daten siehe Seite 122



10 MHz Funktionsgenerator HM8130



Frequenzbereich 10 mHz bis 10 MHz

Hohe Signalreinheit und Amplitudenstabilität

Ausgangsspannung 20 V_{SS}, 10 V_{SS} an 50 Ω

Ausgang kurzschluss- und überspannungsfest

Anstiegs- und Abfallzeit < 10 ns

Pulsbreiteinstellung

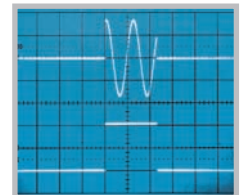
Digitale Frequenzanzeige mit hoher Genauigkeit

Arbitrary-Generator 40 MSa/s

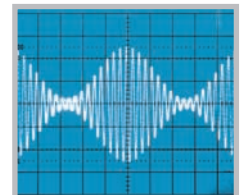
Burst, Gateing, externe Triggerung, Wobbelung

Technische Daten siehe Seite 123

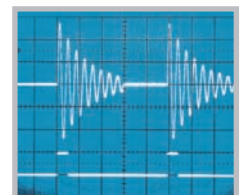
Getasteter Sinus,
Torsteuerung



Sinus mit Amplituden-
modulation



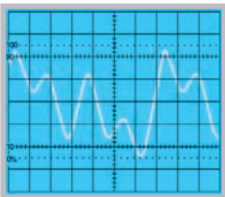
Arbitrarisignal getriggert



15 MHz Arbitrary Funktionsgenerator HM8131-2



NF-Arbitrarsignal



Option H086
Hochstabiler TCXO



Option H0831
SRAM Memory Card 1 MB



Frequenzbereich 100 μ Hz – 15 MHz

DDS-Signalgenerator (Frequenzstabilität 10 ppm)

6 Standard-Signalformen und Arbitrary

Master-Slave Betrieb für bis zu 3 Generatoren

SRAM Memory Card zur Signalspeicherung (Option H0831)

Erhöhte Frequenzstabilität mit TCXO
(Option H086): $\pm 5 \times 10^{-7}$ bei 23° C (24 Std.)

Technische Daten siehe Seite 124



1,2 GHz HF-Synthesizer HM8134-3



Frequenzbereich 1 Hz bis 1,2 GHz

Frequenzauflösung von 1 Hz (Genauigkeit 0,5 ppm)

Ausgangspegel von -127 dBm bis $+13$ dBm

Hohe spektrale Reinheit

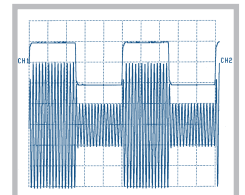
AM/FM/PM und Gate-Modulation

Technische Daten siehe Seite 125

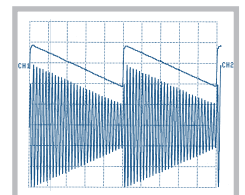
HZ42 19" Einbausatz 2HE



Interne Modulationsquelle



Interne Modulationsquelle



3 GHz HF-Synthesizer HM8135

3. Quartal



Weiter Frequenzbereich 1 Hz bis 3 GHz

Ausgangspegel von - 144 dBm bis + 13 dBm

Hohe Frequenzgenauigkeit mit $\pm 1 \times 10^{-8}$ als Standard

Modulationsarten: AM, FM, Puls, Φ , FSK, PSK

Schnelle Pulsmodulation: 200 ns Standard

Interner Modulator 10 Hz bis 300 kHz

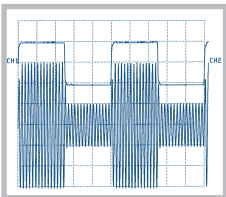
Hohe spektrale Reinheit: Harmonische $< - 35$ dBc

Elektronischer Abschwächer 30 dB für weiten
Ausgangsspannungsbereich ohne Spitzen

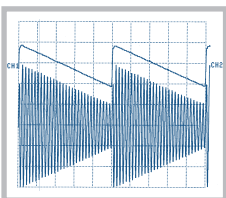
RS-232/USB - Interface Standard, GPIB Option

Technische Daten siehe Seite 126

Wahl der Modulationsart



Wahl der Modulationsart



Arbitrary-Netzgerät HM 8143

4. Quartal



Abbildung ähnlich

2x 0-30 V/0-2 A 5 V/0-2 A

Auflösung der Anzeige 10 mV/1 mA

Arbitrary-Netzgerät (512 Stützpunkte)

Trackingbetrieb für 30 V Ausgänge

Externe Modulation der Ausgangsspannungen

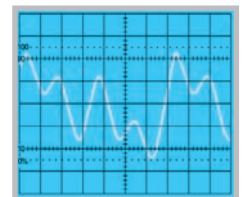
Elektronische Last bis 60 W pro Kanal (max. 2 A)

SENSE-Anschlüsse

Multimeter-Betriebsart für alle einstellbaren Ausgänge

Technische Daten siehe Seite 119

NF-Arbitrarsignal



H0880 IEEE-488 Interface
(Abb. ähnlich)



H0890 RS-232 Interface
(Abb. ähnlich)



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Systemgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Bauteiletester

Optionen

Zubehör

Technische Daten



HAMEG Modularsystem 8000

Das HAMEG Modularsystem 8000 hat sich in der Praxis über viele Jahre bestens bewährt. Mehrere 100.000 verkaufte Module belegen immer wieder die Vorteile des modularen Systems. Das beispielhafte Preis-/Leistungsverhältnis und die enorme Flexibilität der Einschubtechnik ermöglichen es, Ihre Messplätze schnell und günstig an wechselnde Aufgaben anzupassen. Platzsparend können sie bis zu 5 Grundgeräte übereinander stapeln. Somit stehen ihnen gleichzeitig 10 Geräte auf engstem Raum zur Verfügung.

Eigene Entwicklungen lassen sich mittels Leermodul HM800 einfach in die Messumgebung integrieren. Die Versorgungsspannungen dazu werden einfach dem Grundgerät entnommen.



Für Schulen und Trainingscenter bietet das Modular System 8000 eine kostengünstige und flexible Alternative zur herkömmlichen Messgeräteausrüstungen. Zwei Modulargeräte können gleichzeitig in beliebigen Kombinationen betrieben werden. Somit ist pro Laborplatz meist nur ein Grundgerät HM8001-2 als Basisausstattung notwendig. Die Module dagegen werden entsprechend den Laborübungen an die Auszubildenden ausgegeben.

Grundgerät HM8001-2

Das Grundgerät HM8001-2 ist die netzversorgte Basiseinheit für das HAMEG Modularsystem 8000. Zwei Einschubmodule können gleichzeitig benutzt werden. Acht voneinander unabhängige und erdfreie Versorgungsspannungen stehen für die Module zur Verfügung. Für die Versorgung beider Module werden 36W bereitgestellt. Normalerweise ist die Leistungsaufnahme eines Moduls kleiner als 12W. Einzig das Netzgerät HM8040-3 mit einer Ausgangsleistung von 25W sollte bei maximaler Last nicht mit einem weiteren HM8040-3 gleichzeitig betrieben werden. Das Grundgerät ist thermisch und elektronisch gegen Überlastung gesichert.

Mit der Option HO801 besitzt das Grundgerät auf der Rückseite 4 BNC-Buchsen. Über diese können einigen Modulen (HM8018, HM8021-4, HM8030-6) Signale zugeführt oder entnommen werden.

Die mechanische Stabilität der Grundgeräte erlaubt es bis zu 5 Geräte übereinander zu stapeln. Auf der Geräteoberseite befinden sich dazu Aufnahmen für die Füße des darüber stehenden Gerätes. Die Grundgeräte sind dadurch gegen Verrutschen gesichert und lassen sich auch mit Systemgeräten oder Oszilloskopen stapeln.

Messgeräte

Das **programmierbare Digital Multimeter HM8012** gehört auf jeden Labortisch. Es eignet sich zur Spannungsmessung bis 600V_{DC}/600V_{AC}, Strommessung von 500µA bis 10A, Widerstandsmessung bis 50MΩ, Durchgangsprüfung, Temperaturmessung mit PT100 oder auch einfach nur Pegel-

messung. Mit Sicherheit gibt es bei Ihnen immer einen Anwendungsfall für das HM8012. Das Messgerät zeigt den echten Effektivwert, gemessen mit einem Crestfaktor bis maximal 7. Bei der Analyse von NF-Signalen kann direkt in dB abgelesen werden. Mit der Offsetfunktion ist es möglich, Zuleitungswiderstände zu kompensieren oder Relativwertmessungen vorzunehmen.

Die mitgelieferte PC-Software dient zum Steuern des Gerätes und zum automatischen Aufzeichnen der Messwerte. Das Ergebnis wird in numerischer und graphischer Form angezeigt. Genauso kann das HM8012 jederzeit als Systemmultimeter in eine automatisierte Testumgebung integriert werden.

Messgrundlagen

Verwendete Abkürzungen und Zeichen:

W	Wirkleistung	P
VA	Scheinleistung	S
var	Blindleistung	Q
$u_{(t)}$	Spannung Momentanwert	
$\overline{u^2_{(t)}}$	Spannung quadratischer Mittelwert	
\overline{u}	Spannung Gleichrichtwert	
U_{eff}	Spannung Effektivwert	
\hat{u}	Spannung Spitzenwert	
I_{eff}	Strom Effektivwert	
\hat{i}	Strom Spitzenwert	
φ	Phasenverschiebung (Phi) zwischen U und I	
$\cos \varphi$	Leistungsfaktor bei sinusförmigen Größen	
PF	Leistungsfaktor (power factor) bei nichtsinusförmigen Größen	

Arithmetischer Mittelwert

$$\overline{x_{(t)}} = \frac{1}{T} \int_0^T x_{(t)} dt$$

Der arithmetische Mittelwert eines periodischen Signals ist der gemittelte Wert aller Funktionswerte, die innerhalb einer Periode T vorkommen. Der Mittelwert eines Signals entspricht dem Gleichanteil.

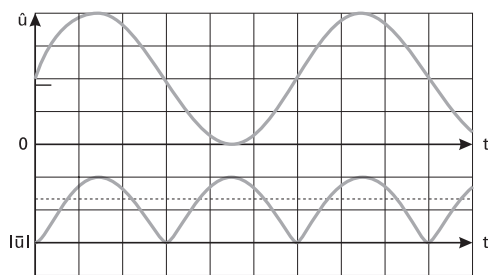
- Ist der Mittelwert = 0, liegt ein reines Wechselsignal vor.
- Für Gleichgrößen ist der Mittelwert = Augenblickswert.

- Für Mischsignale entspricht der Mittelwert dem Gleichanteil

Gleichrichtwert

$$|\bar{x}| = \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt$$

Der Gleichrichtwert ist das arithmetische Mittel der Beträge der Augenblickswerte. Die Beträge der Augenblickswerte ergeben sich durch Gleichrichtung des Signals. Der Gleichrichtwert wird berechnet durch das Integral über eine Periode von Beträgen der Spannungs- oder Stromwerte.



Bei einer sinusförmigen Wechselspannung $u(t) = \hat{u} \sin \omega t$ ist der Gleichrichtwert das $2/\pi$ -fache (0,637-fache) des Scheitelwertes. Hier die Formel für den sinusförmigen Gleichrichtwert:

$$|\bar{u}| = \frac{1}{T} \int_0^T |\hat{u} \sin \omega t| dt = \frac{2}{\pi} \hat{u} = 0,637 \hat{u}$$

Effektivwert

Der quadratische Mittelwert $\overline{x^2(t)}$ eines Signals entspricht dem Mittelwert des quadrierten Signals.

$$\overline{x(t)^2} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)^2 dt$$

Wird aus dem quadratischen Mittelwert die Wurzel gezogen, ergibt sich der Effektivwert des Signals X_{eff} :

$$X_{\text{(eff)}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x(t)^2 dt}$$

Bei Wechselspannungssignalen möchte man wie bei Gleichspannungssignalen die selben Formeln zur Berechnung von Widerstand, Leistung, etc. verwenden. Wegen der wechselnden Momentangrößen wird der Ef-

ektivwert (engl. „RMS“ – Root Mean Square) definiert. Der Effektivwert eines Wechselsignals erzeugt den selben Effekt wie ein entsprechend großes Gleichsignal.

Beispiel:

Eine Glühlampe, versorgt mit einer Wechselspannung von $230 V_{\text{eff}}$, nimmt die gleiche Leistung auf und leuchtet genauso hell, wie eine Glühlampe, versorgt mit einer Gleichspannung von $230 V_{\text{DC}}$.

Bei einer sinusförmigen Wechselspannung $u(t) = \hat{u} \sin \omega t$ ist der Effektivwert das $1/\sqrt{2}$ -fache (0,707-fache) des Scheitelwertes.

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (\hat{u} \sin \omega t)^2 dt} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = 0,707 \hat{u}$$

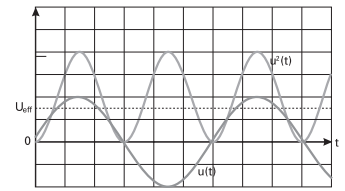
Formfaktor

Wird der vom Messgerät ermittelte Gleichrichtwert mit dem Formfaktor des Messsignals multipliziert, ergibt sich der Effektivwert des Signals. Der Formfaktor eines Signals ermittelt sich nach folgender Formel:

$$F = \frac{U_{\text{eff}}}{|\bar{u}|} = \frac{\text{Effektivwert}}{\text{Gleichrichtwert}}$$

Bei reinen sinusförmigen Wechselgrößen beträgt der Formfaktor:

$$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,11$$



Effektivwert

Formfaktoren	Crestfaktor C	Formfaktor F
	$\sqrt{2}$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,11$
	$\sqrt{2}$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,11$
	2	$\frac{\pi}{2} = 1,57$
	$\sqrt{3}$	$\frac{2}{\sqrt{3}} = 1,15$

Crestfaktor

Der Crestfaktor (auch Scheitelfaktor genannt) beschreibt, um welchen Faktor die Amplitude (Spitzenwert) eines Signals grö-

ber ist als der Effektivwert. Er ist wichtig bei der Messung von verzerrten Signalformen.

$$C = \frac{\hat{u}}{U_{\text{eff}}} = \frac{\text{Spitzenwert}}{\text{Effektivwert}}$$

Bei reinen sinusförmigen Wechselgrößen beträgt das Verhältnis: $\sqrt{2} = 1,414$

Wird bei einem Messgerät der maximal zulässige Crestfaktor überschritten, sind die ermittelten Messwerte ungenau.

Die Genauigkeit des berechneten Effektivwertes ist abhängig vom Crestfaktor und verschlechtert sich mit höherem Crestfaktor des Messsignals. Die Angabe des maximal zulässigen Crestfaktors (techn. Daten) bezieht sich auf das Messbereichende. Wird nur ein Teil des Messbereiches genutzt (z.B. 230V im 500V Bereich), darf der Crestfaktor des Signals größer sein.

Relativwertmessung

Bei der Relativwertmessung wird die Abweichung von einem Referenzwert ermittelt. Dazu wird als erstes der Referenzwert gemessen. Dann wird beim HM8012 die Hold/Offset Taste betätigt. Der gemessene Referenzwert wird gespeichert. Im Offsetmodus wird nun der gespeicherte Referenzwert von jedem erfassten Messwert subtrahiert. Es wird somit die relative Abweichung vom zuvor gespeicherten Referenzwert angezeigt. Diese Funktion lässt sich auch dazu nutzen, um die Zuleitungswiderstände bei der 2-Draht-Widerstandsmessung zu kompensieren. Die beiden Messleitungen sind an der Messstelle kurz-zuschließen. Der nun gemessene Widerstandswert der Zuleitungswiderstände R_L wird als Referenzwert abgespeichert. Im Offsetmodus wird dann dieser Referenzwert vom gemessenen Widerstandswert R_m subtrahiert. Übrig bleibt der „richtige“ Wert des gesuchten zu messenden Widerstandes R .

$$R_m = R + R_L + R_L$$

Dioden- und Halbleitertest

Für diese Funktion stellt das Messgerät einen konstanten Strom bereit, beim HM8012 ist dies 1 mA. Der Halbleiter oder die Diode

wird nun an die Prüfklemmen angeschlossen. Liegt die Diodenstrecke in Durchlassrichtung, wird die Flussspannung im Arbeitspunkt (1 mA) angezeigt.

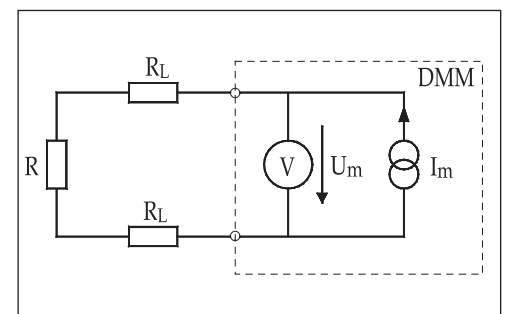
Beim HM8014 besteht sogar die Möglichkeit, die Flussspannung bei 3 verschiedenen Arbeitspunkten (0,2 mA, 2 mA, 20 mA) zu messen. Ist die Diodenstrecke in Sperrrichtung, zeigt das Gerät „Overflow“.

Das **Milliohmmeter HM8014** eignet sich hervorragend um kleine Widerstände präzise zu messen. Ob zum Prüfen der ohm'schen Widerstände von Spulen, Transformatoren und Motorenwicklungen oder zum Auffinden von Kurzschlüssen auf Leiterplatten.

Aufgrund der niedrigen Messspannung von 4 mV – 200 mV und dem niedrigen Messstrom von 10 μ A – 20 mA, sind Messungen auf bestückten Leiterplatten möglich, ohne dass Halbleiterbauelemente das Messergebnis beeinträchtigen. Der niedrige Messstrom erlaubt auch das Prüfen empfindlicher Bauteile. Bei allen Messungen kann der Widerstandswert durch die Tonhöhe des eingebauten Lautsprechers oder eines Kopfhörers signalisiert werden. Die Lautstärke ist dabei stufenlos regelbar. Zusätzlich bietet das HM8014 die Möglichkeit des Halbleitertests mit 3 verschiedenen Prüfströmen.

Zweidraht-Widerstandsmessung

Es fließt ein eingepprägter Strom durch den Prüfling R und die Messleitungen R_L . Es wird der Spannungsabfall an R gemessen. Es entsteht aber auch ein kleiner Spannungsabfall an den Messleitungen R_L . Deswegen ist vor allem bei der Messung kleiner Widerstände ($< 1 \text{ k}\Omega$) darauf zu achten, dass eine sorgfältige Kompensation der Messka-



Prinzip der 2-Draht-Widerstandsmessung

belwiderstände mit Hilfe der Offsetkorrektur durchgeführt wird.

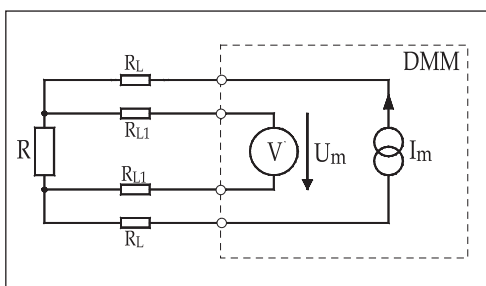
Hierzu werden die beiden Messkabel mit ihren Prüfklemmen auf einer Seite des Prüflings angeschlossen, was einem Kurzschluss entspricht, und die Offsetkorrektur betätigt. Die Fehlerquellen, wie Zuleitungswiderstand und Übergangswiderstand, werden somit eliminiert.

Wird eine Offsetkorrektur nicht durchgeführt, ergibt sich für R_m ein Messwert, der sich aus der Summe aller im Messpfad befindlichen Widerstände zusammensetzt. R_m ist dann um die Zuleitungs- und Übergangswiderstände zu hoch.

Vierdraht-Widerstandsmessung

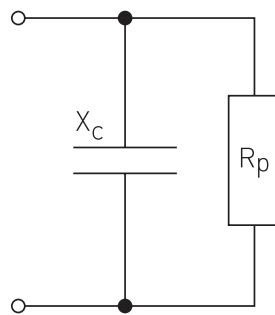
Damit die durch die Zuleitungswiderstände verursachten Messprobleme nicht auftreten, verwendet man für die Messung kleiner Widerstände die Vierdraht-Anordnung (Kelvin-Prinzip). Bei der 4-Draht-Widerstandsmessung fließt gleichfalls ein eingepprägter Strom durch den zu ermittelnden Widerstand R . Um den Einfluss der Messleitungen zu eliminieren, wird der Spannungsabfall an R mit zwei weiteren Leitungen direkt gemessen. Der gemessene Spannungsabfall ist zum Widerstandswert R proportional. Die „äußeren“ Anschlüsse der Vierdraht-Widerstandsmessung prägen über die Kabel mit den Leitungswiderständen R_L den Messstrom in den zu messenden Widerstand R ein (SOURCE).

Die „inneren“ Messleitungen mit den Zuleitungswiderständen R_{L1} sind mit dem „SENSE-Eingang“ des Messgerätes verbunden, welches eine hochohmige Eingangsstufe besitzt, so dass es zu einem vernachlässigbaren Spannungsabfall an R_{L1} kommt (SENSE).



Prinzip der 4-Draht-Widerstandsmessung

Verlustfaktor eines Kondensator



$$\tan \delta = \frac{G_p}{B_c}$$

$$\tan \delta = \frac{X_c}{R_p}$$

$$Q = \frac{1}{\tan \delta}$$

$$\delta = 90^\circ - \varphi$$

$\tan \delta$ Verlustfaktor

G_p Wirkleitwert

B_c kapazitiver Blindleitwert

X_c kapazitiver Blindwiderstand

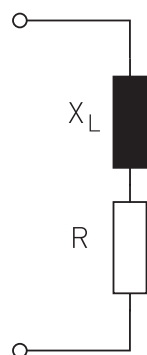
R_p Wirkwiderstand

Q Güte

δ Verlustwinkel

φ Phasenverschiebungswinkel zwischen U und I

Verlustfaktor einer Spule



$$\tan \delta = \frac{R}{X_L}$$

$$Q = \frac{1}{\tan \delta}$$

$$\delta = 90^\circ - \varphi$$

$\tan \delta$ Verlustfaktor

X_L kapazitiver Blindwiderstand

R Wirkwiderstand

Q Güte

δ Verlustwinkel

φ Phasenverschiebungswinkel zwischen U und I

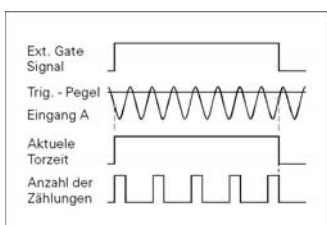
Mit dem **LC Meter HM8018** erhalten Sie ein umfangreich ausgestattetes Messgerät. Es verwendet 3 verschiedene Oszillatorfrequenzen, die bei der Messbereichsauswahl automatisch umgeschaltet werden. Sie können mit dem HM8018 neben Induktivitäten und Kapazitäten auch den Serienwiderstand von Induktivitäten oder den Parallelleitwert bei Kapazitäten ermitteln. Aus diesen Größen lassen sich rechnerisch auf einfache Weise die Güte- und Verlustfaktoren der gemessenen Bauteile bestimmen. Ein besonderes Messprinzip erlaubt die einfache Trennung von Real- und Imaginärteil, selbst bis zu einem Phasenwinkel von 45° , mit einer Genauigkeit $\leq 1\%$.

Universalzähler

Der **Universalzähler HM8021-4** besitzt 2 Eingänge mit hoher Empfindlichkeit und ermöglicht die Messung von Signalen im Frequenzbereich zwischen DC und 1,6 GHz. Eine temperaturkompensierte Quarzzeitbasis (TXCO) sichert die ungewöhnlich hohe Stabilität von 0,5 ppm über den gesamten Arbeitstemperaturbereich. Frequenz-, Periodendauer-, Impulszeit-, Impulspausenmessung und Ereigniszählung machen den HM8021-4 zu einem universellen Messgerät. HOLD, Offset- und Autotriggerfunktion erleichtern Ihnen die Anpassung an die verschiedensten Messaufgaben. Die Autotriggerfunktion, die manuelle Einstellung der Triggerung und die umschaltbare Eingangskopplung sind eine große Hilfe bei der Messung komplexer Signale. Mit der Option H0801 BNC-Buchsen auf der Rückseite des Grundgerätes steht ein externes Gate zur Steuerung der Torzeit zur Verfügung.

Externes Gate

Der externe Gate-Eingang (mit Option H0801 am Grundgerät) erlaubt die Kontrolle von Start und Stop des Zählers. Wenn diese Funktion ausgewählt ist und am externen Gate TTL-LOW anliegt, bereitet der Zähler die Messung vor. Die Messung startet mit dem Anlegen eines HIGH-Pegels am Gate und der Triggerung des Eingangssignals nach Ablauf der Startsynchrisierungszeit. Die Messung wird beendet, sobald das Signal am externen Gate von HIGH nach LOW wechselt.



EXT Gate-Signal

Klirrfaktormessbrücke

Die **Klirrfaktormessbrücke HM8027** misst, welcher Anteil von Verzerrungen in einem Sinussignal vorhanden ist. Angezeigt wird dieser Anteil der Verzerrungen in Prozent des eingespeisten Signals. Aufgrund des geringen Eigenklirrfaktors von nur 0,005 % (1 kHz) ist sie bestens geeignet für Messungen an hochwertigen Audiosystemen. Der Monitorausgang des HM8027 stellt den Oberwellenanteil des Messsignals zur visuellen Auswertung mit einem Oszilloskop, zur Verfügung. Damit ist eine weiterführende Beurteilung des Rauschens und der Verzerrungen möglich. Der halbautomatische Frequenzabgleich mit einem Fangbereich von 15% ermöglicht die einfache Handhabung der Klirrfaktormessbrücke.

Klirrfaktor

Wenn ein Signal von einem nichtlinearen System erzeugt wird oder ein solches durchläuft, ergeben sich Verzerrungen. Harmonische Verzerrungen, wie sie in Signalgeneratoren auftreten, bestehen aus unerwünschten Frequenzen, welche ganzzahlige Vielfache der erzeugten Frequenz sind. Diese Harmonischen mit einer höheren Ordnungszahl werden als Oberwellen bezeichnet. Sie variieren in Amplitude und Phase und werden bei der Klirrfaktormessung als Effektivwert ermittelt. Der Klirrfaktor ist das Verhältnis aus dem Effektivwert der Oberwellen zum Effektivwert des Gesamtsignals. Man unterscheidet zwischen dem Klirrfaktor k , auch Gesamtklirrfaktor genannt, und dem Klirrfaktor n -ter Ordnung k_n , auch Teilklirrfaktor oder Klirrkoeffizient genannt. Der Klirrfaktor n -ter Ordnung ist das Verhältnis des Effektivwertes der n -ten Oberwelle zum Effektivwert des Gesamtsignals. Die Klirrfaktormessbrücke HM8027 ermittelt den Gesamtklirrfaktor k .

$$k = \frac{\sqrt{U_{2f_1}^2 + U_{3f_1}^2 + U_{4f_1}^2 + \dots}}{U_{\text{ges}}}$$

k = Klirrfaktor (dimensionslos)

$U_{2f_1}, U_{3f_1}, U_{4f_1}, \dots$ = Spannungen der Oberwellen

f_1 = Frequenz des Messtons (Hz)

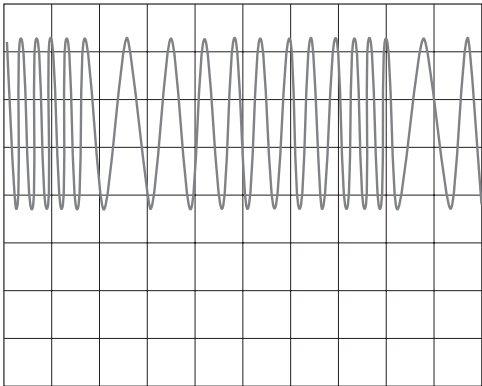
U_{ges} = Spannung des verzerrten Gesamtsignals

(alle Spannungen sind Effektivwerte)

Signalgeneratoren

HAMEG bietet mit den Signalgeneratoren für das Modularsystem 8000 eine sehr preiswerte Alternative zu Stand-Alone-Geräten. Je nach Anwendungsfall können Sie wählen zwischen dem Funktionsgenerator HM8030-6, einem Impulsgenerator HM8035 oder dem Low-Distortion Sinusgenerator HM8037.

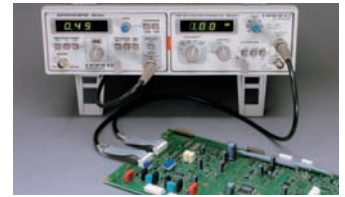
Der **Funktionsgenerator HM8030-6** mit seinen 4 Standardfunktionen Sinus, Rechteck, Dreieck und Puls besitzt eine hohe Signalgüte und eine gute Amplitudenstabilität. Mit seiner kurzen Anstiegszeit von unter 15 ns und der Möglichkeit, Signale intern und extern zu Wobbeln, ist er ein Muss auf jedem Labortisch. Seine Ausgänge sind kurzschlussfest und gegen Fremdspannungen bis zu 45V geschützt. Die besten Voraussetzungen für den harten Betrieb in Schulen und Ausbildungszentren.



Wobbelsignal

Der **Low-Distortion Sinusgenerator HM8037**, mit seinem extrem niedrigen Klirrfaktor, ist ein hochwertiges Gerät zur Erzeugung oberwellenarmer Sinussignale. Ein 6 Dekaden umfassender Frequenzbereich von 5 Hz bis 50 kHz und die hohe Amplitudenkonstanz sind besonders für Messungen an Verstärkern und Filtern geeignet. Im unteren Frequenzbereich beträgt die Auflösung 0,1 Hz. Der Ausgang mit $R_i = 600 \Omega$ ist kurzschlussfest und lässt sich variabel mit zwei Festteilern bis zu 60 dB dämpfen. Der Synchronausgang, mit einem R_i von ca. 1 k Ω , liefert im Leerlauf 2V_{SS} und ist gleichfalls kurzschlussfest. Mit einem Schalter treffen Sie die Auswahl zwischen geerdeter und ungeerdeter Signalentnahme. Das bedeutet,

Signalmasse und Gehäusemasse können getrennt werden (Floating Betrieb). Damit wird das aus Erdschleifen resultierende Brummen vermieden. Zusammen mit der Klirrfaktormessbrücke HM8027 bilden beide Geräte ein kompaktes und preiswertes Messsystem für die NF-Messtechnik.



Klirrfaktormessung mit HM8037 und HM8027

Der **Impulsgenerator HM8035** besitzt eine sehr kurze Anstiegszeit von typisch 2 ns und ist in seinem Tastverhältnis über einen großen Bereich einstellbar. Neben sich wiederholenden Impulsfolgen lassen sich auch Einzelimpulse erzeugen. Der HM8035 besitzt einen TTL kompatiblen Triggerausgang und einen Eingang für externe oder manuelle Triggerung. Die beiden Ausgänge besitzen eine Impedanz von 50 Ω und liefern komplementäre positive und negative Ausgangssignale von 2V_S bis 5V_S. Triggerausgang und Signalausgänge sind kurzschlussfest.

Netzgerät HM8040-3

Das besonders kompakte und robuste Netzgerätemodul aus dem Modular System 8000 wurde speziell für die Strom- und Spannungsversorgung von Versuchsaufbauten in der Ausbildung, im Service und im Labor entwickelt. Das HM8040-3 besitzt eine lineare Längsregelung und liefert mit seinen 3 voneinander unabhängigen Spannungen eine Gesamtleistung von ca. 25W.



Neben der geringen Restwelligkeit und dem guten Regelverhalten bietet das HM8040-3 eine sehr gute Qualität bei einem optimalen Preis-/Leistungsverhältnis.

Grundgerät HM8001-2



Grundgerät wird ohne abgebildete Module geliefert

Modular System



Grundgeräte HM8001-2,
bis zu 5 sind stapelbar



Option H0801
4 BNC-Buchsen rückseitig



Basiseinheit für die Einschubmodule vom Modularsystem 8000

Stromversorgung für 2 Module

Gleichspannungen sind elektronisch geregelt,
erdfrei und kurzschlussfest

Netztransformator mit Thermosicherung

Bis zu 5 Grundgeräte sind stapelbar

Einschubmodul HM800 zum Einbau eigener Schaltungen lieferbar

4 BNC-Buchsen auf der Rückseite des HM8001-2 (Option H0801),
ermöglichen Einspeisen oder Abnehmen von Signalen mit
HM8018, HM8021, HM8030-6

Technische Daten siehe Seite 127

Grundgerät HM8003



Grundgerät wird ohne abgebildete Module geliefert. Abbildung ähnlich

Basiseinheit für die Einschubmodule vom Modularsystem 8000

Stromversorgung für 1 Modul

Platz sparend

Gleichspannungen sind elektronisch geregelt,
erdfrei und kurzschlussfest

Einschubmodul HM800 zum Einbau eigener Schaltungen
lieferbar

Technische Daten siehe Seite 127

Grundgerät HM8003 ohne
Modul



HM800



4³/₄ - Digit Multimeter HM8010



Temperaturmesssonde HZ812



HZ15 (im Lieferumfang)



Grundgerät HM8001-2



4³/₄-stellige Anzeige mit 50.000 Digit, Grundgenauigkeit 0,05 %

Automatische und manuelle Messbereichswahl

Max. Auflösung 10 μ V, 0,01 dBm, 10 nA, 10 m Ω , 0,1 $^{\circ}$ C/ $^{\circ}$ F

Offsetfunktion / Relativwertmessung
in den Grundmessfunktionen

Eingangswiderstand >1 G Ω (0,5 V und 5 V DC-Bereich)

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 127

4³/₄ - Digit programmierbares Multimeter HM8012



4³/₄-stellige Anzeige mit 50.000 Digit, Grundgenauigkeit 0,05 %

Automatische und manuelle Messbereichswahl

Max. Auflösung 10 μ V, 0,01 dBm, 10 nA, 10 m Ω , 0,1 $^{\circ}$ C/ $^{\circ}$ F

Offsetfunktion / Relativwertmessung
in den Grundmessfunktionen

Eingangswiderstand >1 G Ω (0,5 V und 5 V DC-Bereich)

RS-232 Schnittstelle

PC-Software zur Steuerung und Messwernerfassung

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 127

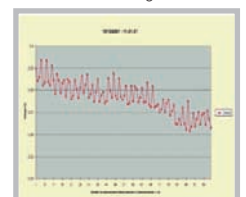
HZ15 (im Lieferumfang)



WDM8012 Software
(im Lieferumfang)



WDM8012 Software
(im Lieferumfang)



3 $\frac{1}{2}$ - Digit Milliohm - Meter HM 8014



Option HZ19
SMD-Messspitze



Im Lieferumfang HZ17



Option HZ18 Kelvin-Mess-
leitung



200 mΩ bis 20 kΩ Messbereiche

Auflösung 100 μΩ, Grundgenauigkeit 0,25 %

4-Draht-Widerstandsmessung

Niedrige Messspannung 4 mV bis 200 mV

Niedriger Messstrom 10 μA bis 20 mA

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 128

3 kW Leistungsmessgerät HM8015



Leistungsmessung (AC/DC) bis 3 kW

Automatische Messbereichswahl, einfachste Bedienung

6 Messfunktionen

Anzeige des Leistungsfaktors

Frequenzbereich bis 1 kHz

AC und DC Leistungsmessung

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 129

Grundgerät HM8001-2



Grundgerät HM8003



Adapter HZ815



3 $\frac{1}{2}$ - Digit LC Meter HM 8018



Abbildung ähnlich

Messfunktionen: L, C, R

3 $\frac{1}{2}$ -stellige Anzeige mit 2.000 Punkten, Grundgenauigkeit 0,5 %

4-Draht-Messung

Maximale Auflösung 0,1 pF, 0,1 μH, 10 mΩ, 0,01 μS

Vorspannung für Elektrolytkondensatoren zuschaltbar

Offsetabgleich der Kabelkapazität der „Kelvin-Messleitung“

Wechselspannungssignal an rückseitiger BNC-Buchse proportional zur Anzeige im Display (nur mit Option H0801)

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 129

Option H0801, Seite 72



Grundgerät HM8003



Option HZ18 Kelvin-Messleitung



1,6 GHz Universalzähler HM 8021 - 4



Frequenzbereich von 0 Hz bis 1,6 GHz

10 MHz Zeitbasis mit 0,5 ppm Stabilität (TCX0)

Eingang A:

Eingangsimpedanz 1 M Ω , maximale Empfindlichkeit 20 mV_{eff}

Eingang C:

Eingangsimpedanz 50 Ω , maximale Empfindlichkeit 30 mV_{eff}

Zeitintervallauflösung bis 10 ps

Offset-Betrieb im gesamten Messbereich

Gate-Eingang (in Verbindung mit H0801)

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 129

Grundgerät HM8001-2



Option H085, ein hochstabiler Oszillator mit einer Stabilität von $\pm 5 \times 10^{-7}$ pro Tag



Option H0801, Seite 72



Klirrfaktormessbrücke HM8027



Frequenzbereich von 20 Hz bis 20 kHz

Auflösung bis zu 0,01 %

Geringer Eigenklirrfaktor von 0,005 %

Automatischer Frequenzfeinabgleich (Fangbereich 15 %)

Kontrollausgang für Restklirrfaktor

Zusammen mit dem HM8037 ein komplettes Messsystem
für Audio- und Messtechnik

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 130

Grundgerät HM8001-2



HZ32 Messkabel



HM8037
Klirrarmer Sinusgenerator



10 MHz Funktionsgenerator HM8030-6



Frequenzbereich 50 mHz bis 10 MHz

Hohe Signalreinheit und Amplitudenstabilität

Klirrfaktor < 0,5 % bis 1 MHz

Ausgangsspannung 20 V_{SS} (10 V_{SS} an 50 Ω)

Ausgang kurzschluss- und überspannungsfest

Anstiegs- und Abfallzeit typ. 15 ns

Interne und externe Wobbelung

Pulsbreiteneinstellung

Digitale Frequenzanzeige mit hoher Genauigkeit

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 131

Option H0801, Seite 72



HZ33, HZ34
Messkabel BNC/BNC



HZ20 Übergang
BNC/Stecker 4mm



20 MHz Impulsgenerator HM8035



Frequenzbereich 2 Hz bis 20 MHz

Impulsdauer 20 ns bis 200 ms
mit einem Tastverhältnis bis 99,9999 %

2 separate Ausgänge (positiv/negativ)

Einzelimpulsauslösung

Anstiegszeit < 3 ns

Ausgangsspannung 0,8 - 5 V_{SS} an 50 Ω

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 131

Grundgerät HM8001-2



HZ33, HZ34
Messkabel BNC/BNC



HZ24 Dämpfungsglieder



50 kHz klirrarmer Sinusgenerator HM8037



Frequenzbereich 5 Hz bis 50 kHz

Zusammen mit dem HM8027 ein komplettes Messsystem für Audio- und Messtechnik

Digitale 3-stellige Frequenzanzeige

Hohe Amplitudenstabilität

Klirrfaktor < 0,01 % (20 Hz-10 kHz)

Ausgangsspannung $1,5 V_{\text{eff}}$ an 600Ω

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 132

Grundgerät HM8001-2



HZ33, HZ34
Messkabel BNC/BNC



Klirrfaktormessbrücke
HM8027



Dreifach-Netzgerät HM8040-3



2x 0-20V/0,5A 5V/1A

Grundgerät HM8001-2



Grundgerät HM8003



Silikon-Messleitung HZ10



3-stellige umschaltbare Anzeige, für Strom und Spannung

Auflösung der Anzeige 0,1V/1 mA

Einstellbare Strombegrenzung

Linearer Längsregler

Niedrige Restwelligkeit und geringes Rauschen

Taste zum Ein-/Ausschalten der Ausgänge

Elektronische Sicherung

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 119

Leermodul HM800



Einschubmodul zum Einbau eigener Schaltungen

Führungen zur Befestigung von Leiterplatten
in 4 verschiedenen Höhenebenen

Kunststofffrontchassis zur einfachen Bearbeitung

Die Versorgung erfolgt über ein Grundgerät

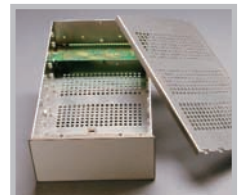
Verfügbare Versorgungsspannungen:
siehe HM8001-2 bzw. HM8003

Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 erforderlich

Grundgerät HM8001-2



Offenes Leermodul



Prüfadapter HZ809



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Systemgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Bauteiletester

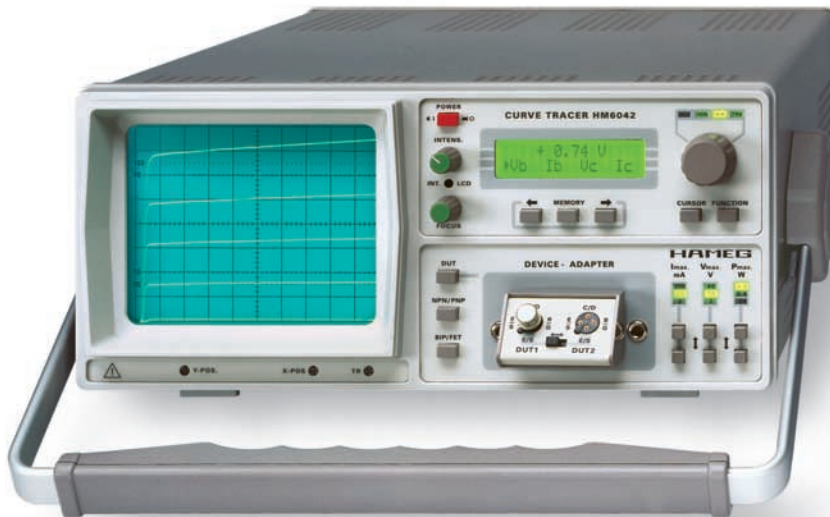
Optionen

Zubehör

Technische Daten



Kennlinienschreiber HM6042



Zur Beurteilung und Selektion von:
Transistoren, MOS-FET's, Dioden, Z-Dioden, LED's, Thyristoren

5 Kennlinien dynamisch ermittelt und auf dem Bildschirm dargestellt

Das LCD-Display zeigt die eingestellten Parameter und den dynamischen Messwert entsprechend der Cursorposition auf dem Bildschirm

Automatisches Berechnen der h- und y-Parameter

Einfacher Bauteilvergleich durch Abspeichern von Referenzwerten

Intuitive und logische Bedienung auf Tastendruck

HZ820: Zur schnellen Selektion von Transistoren umschaltbar zwischen DUT1 und DUT2 (U_{test} max. 40 V)

Technische Daten siehe Seite 132

HZ820
Im Lieferumfang enthalten



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Systemgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Bauteiletester

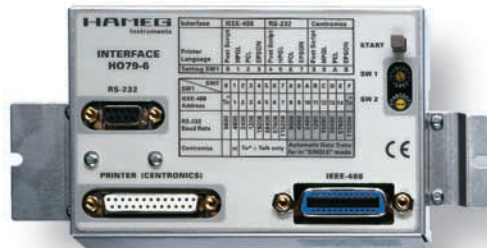
Optionen

Zubehör

Technische Daten



Multifunktions-Interface H079-6



Bidirektionaler Datentransfer
SCPI Programmierbefehle
direktes Drucken der Daten (ohne PC)

IEEE-488 Schnittstelle

24pol. Anschluss nach IEEE-488 (Buchse)
„Talk-only“-Betrieb
„Device“-Betrieb (Adressbereich 1 bis F)

RS-232 Schnittstelle Vollduplex nach V.24

9pol. Anschluss D-Sub Buchse
automatische Baudratenerkennung
Baudrate von 1.200 bis 115.200 Baud

Parallele Schnittstelle (Centronics)

25pol. Anschluss D-Sub Buchse
PostScript, HPGL, PCL und EPSON

Mit dem H079-6 Multifunktions-Interface ist es möglich, die mit dem Oszilloskop im Digitalbetrieb erfassten Daten an einem handelsüblichen Drucker auszudrucken. Wird die Starttaste betätigt, werden die Daten direkt über eine der 3 Schnittstellen an den Drucker übertragen. Ein PC ist dazu nicht notwendig.

Über die bidirektionalen Schnittstellen IEEE-488 oder RS-232 wird das Oszilloskop gesteuert. Die gemessenen Daten und die Parameter können dort ausgelesen und im PC weiterverarbeitet werden. Die Montage des Interface ist sehr einfach. Nach dem Befestigen an der Rückseite des Oszilloskops ist es automatisch mit der Schnittstelle und mit der Stromversorgung verbunden.

Die Schnittstelle H079-6 ist für folgende Oszilloskope verwendbar:
HM407, HM507, HM1507



IEEE-488 PC-Interfacekarte
32 bit PCI (H082)



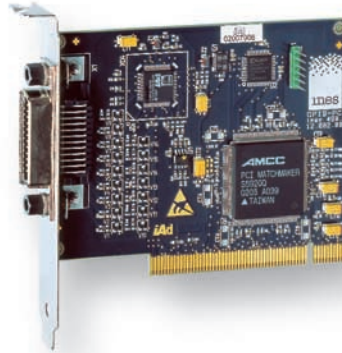
IEEE Schnittstellenkabel
HZ72S



IEEE Schnittstellenkabel
HZ73



IEEE-488 Interface Karte PCI / PCMCIA H082 / H083



H082: PC-Interface für PCI Bus 32bit (IEEE-488, IEEE-488.2)
H083: PC-Interface PCMCIA-Format (IEEE-488, IEEE-488.2)

24pol. Anschluss nach IEEE-488 (Buchse)

Bis zu 15 Geräte an einem IEEE-488 Bus

Treiber und Kommunikationssoftware für
GPIB, HP-IB, SCPI, SICL/TULIP NI-VISA

C-Library für eigene Programmieranwendungen

Betriebssystem Windows® 95, 98, ME, NT, 2000, XP

H082/H083: Der GPIB-Treiber wird automatisch installiert und die Karte auf Funktionalität getestet und initialisiert. Für die Klartext-Programmierung wird ein Kommandointerpreter verwendet. Dieser bildet die Schnittstelle zwischen Hochsprache und BIOS der Karte. 26 Programmiersprachen werden unterstützt. Die Syntax eines GPIB-Befehls wird geprüft und Fehler angezeigt. Die Echtzeit-Busüberwachung prüft die IEEE-488 Teilnehmer und zeigt den Bus-Zustand und Fehlfunktionen an.

Kompatibel zu: HP-VEE, HP Bench Link, HAT-Basic, DT-VEE, TestPoint, Viewdac, Asyst®, Asystant, DASYLab®, DIA/DAGO-PC®, DigiS, disylab, DaDisp488, DISAN, FRAME/FAMOS®, LabWindows®, LabView®, agilent®VEE.

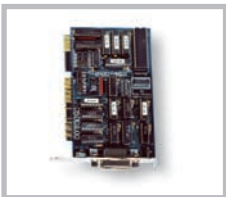
H080-2: Treiber und Software unterstützen Quickbasic, MS-Basic, Turbo Pascal und MS-Quick C. Betriebssystem MS-DOS ab Version 5.0
H080-3: Treiber und Software für GPIB-PCW, GPIB-HS-NT+. Betriebssystem Windows®3x, 9x, NT4.0, 2000 und ME



IEEE-488 PC-Interfacekarte
PCMCIA-Format (H083)



IEEE-488 PC-Interfacekarte
16 bit ISA (H080-3)



IEEE-488 PC-Interfacekarte
8 bit ISA (H080-2)



IEEE-488 Schnittstelle H0880



Abbildung ähnlich

IEEE-488 Schnittstelle

24pol. Anschluss nach IEEE-488 (Buchse)

Galvanische Trennung von Messgerät und Interface

Bis zu 15 Geräte an einem IEEE-488 Bus

Zum Einbau in Systemgeräte der Serie 8100



RS-232 Schnittstelle H0890



Abbildung ähnlich

RS-232 Schnittstelle nach V.24

9pol. Anschluss D-Sub Buchse

Galvanische Trennung von Messgerät und Interface

Zum Einbau in Systemgeräte der Serie 8100



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Systemgeräte Serie 8100

Modularsystem 8000

Bauteiletester

Optionen

Zubehör

Technische Daten



HZ10 Silikonumhüllte Messleitung

Silikonumhüllte Messleitung
mit stapelbaren Lamellensteckern.

Länge:	1,0 m
Verpackungseinheit:	5 Stück
HZ10S	Farbe: schwarz
HZ10R	Farbe: rot

HZ15 PVC umhüllte Messleitung

PVC umhüllte Messleitung mit Prüfspitzen
und Sicherheitssteckern.

Farbe:	schwarz und rot
Länge:	1,0 m
Verpackungseinheit:	je Farbe 1 Stück

HZ17 4-Draht-Messleitung

4-Draht-Messleitung mit Prüfspitze und 5pol. DIN-Stecker
für HM8014.

Verpackungseinheit:	1 Stück
---------------------	---------

HZ18 Kelvin-Messleitung

Kelvin-Messleitung mit vergoldeten Kelvin-Klemmen,
5pol. DIN-Stecker und Schirmmasse auf Krokodilklemme,
für HM8014 und HM8018.

Verpackungseinheit:	1 Stück
---------------------	---------

HZ19 SMD-Messpinzette

Kelvin-Messleitung mit SMD-Messpinzette
5pol. DIN-Stecker für HM8018.

Verpackungseinheit:	1 Stück
---------------------	---------

H Z 1 6 Messkabel mit Mikroklemmen



Silikonummüllte Messleitung mit BNC-Stecker auf Miniatur-Klemmprüfspitze.

Verpackungseinheit: 1 Stück

H Z 3 1 Messkabel 50 Ω



Messkabel 50 Ω, BNC auf BNC-Winkelstecker.

Länge: 1,0 m
Verpackungseinheit: 1 Stück

H Z 3 2 Messkabel



Messkabel, BNC auf 4 mm Bananenstecker.

Länge: 1,0 m
Verpackungseinheit: 1 Stück

H Z 3 3 / H Z 3 4 Messkabel 50 Ω



Messkabel 50 Ω, BNC auf BNC, BNC-Stecker gerade.

Länge: 0,5 m - HZ33
Verpackungseinheit: 1 Stück

Länge: 1,0 m - HZ34
Verpackungseinheit: 1 Stück

H Z 3 3 S / H Z 3 4 S Messkabel 50 Ω



Messkabel 50 Ω, BNC auf BNC, BNC-Stecker gerade, isoliert.

Länge: 0,5 m - HZ33S
Verpackungseinheit: 1 Stück

Länge: 1,0 m - HZ34S
Verpackungseinheit: 1 Stück

HZ20 Adapterstecker



Adapterstecker für den Übergang von BNC-Stecker auf 4 mm Bananenbuchse.

Ausführung: BNC-Stecker
mit 2 Stück 4 mm Buchsen
Verpackungseinheit: 1 Stück

HZ21 Adapterstecker



Adapterstecker für den Übergang von N-Stecker auf BNC-Buchse.

Ausführung: N-Stecker mit BNC-Buchse
Verpackungseinheit: 1 Stück

HZ22 Durchgangsabschluss 50 Ω



50 Ω Durchgangsabschluss, 1 GHz, 1 Watt.

Ausführung: BNC-Stecker auf BNC-Buchsen
Verpackungseinheit: 1 Stück

HZ24 Dämpfungsglieder 50 Ω



1 Satz 50 Ω Dämpfungsglieder mit 3/6/10/20 dB Dämpfung (1 GHz, 1 Watt) und 1 Stück HZ22.

Verpackungseinheit: 1 Satz

HZ26 BNC-T-Adapter



BNC-T-Adapter UG274, 50 Ω.

Ausführung: BNC-Stecker auf 2 Stück BNC-Buchse
Verpackungseinheit: 1 Stück

HZ 200 Tastkopf 1:1/10:1 designed für HM1000, HM1008, HM1500 and HM1508



Teilverhältnis:	10:1
Bandbreite:	250 MHz
Anstiegszeit:	< 2,4 ns
Eingangsimpedanz:	10 MΩ 12 pF
Max. Spannung:	400 V (DC + Spitze AC)
NF-Kompensation:	1
HF-Kompensation:	2
Länge:	1,2 m
autom. Teilungsfaktor-Kennung	

HZ 51 Tastkopf 10:1



Teilverhältnis:	10:1
Bandbreite:	150 MHz
Anstiegszeit:	< 2,4 ns
Eingangsimpedanz:	10 MΩ 12 pF
Max. Spannung:	600 V (DC + Spitze AC)
NF-Kompensation:	1
HF-Kompensation:	1
Länge:	1,2 m

HZ 52 Tastkopf 10:1



Teilverhältnis:	10:1
Bandbreite:	250 MHz
Anstiegszeit:	< 1,4 ns
Eingangsimpedanz:	10 MΩ 10 pF
Max. Spannung:	600 V (DC + Spitze AC)
NF-Kompensation:	1
HF-Kompensation:	2
Länge:	1,2 m

HZ 53 Tastkopf 100:1



Teilverhältnis:	100:1
Bandbreite:	100 MHz
Anstiegszeit:	< 3,5 ns
Eingangsimpedanz:	100 MΩ 4,5 pF
Max. Spannung:	1200 V (DC + Spitze AC)
NF-Kompensation:	1
Länge:	1,2 m

HZ 154 Tastkopf 1:1 / 10:1



Teilverhältnis:	1:1
Umschaltbar:	10:1
Bandbreite:	10/150 MHz
Anstiegszeit:	< 35/3,5 ns
Eingangsimpedanz:	1/10 MΩ 82/12 pF
Max. Spannung:	(10:1) 600V (DC + Spitze AC)
NF-Kompensation:	1 bei 10:1
HF-Kompensation:	2 bei 10:1
Länge:	1,2 m

HZ40 Ersatzteil-Kit für Tastköpfe



2 Federhaken
2 Messspitzen
Massekabel

HZ100 Differenz-Tastkopf 20:1/200:1



Technische Daten bei 23 °C ± 2 °C

Differenz-Eingangsspannung (DC + Spitze AC) max.:	±700 V
Max. Eingangsspannung je Eingang:	±700 V
Teilverhältnis:	20:1
Umschaltbar:	200:1
Bandbreite:	30/40 MHz
Anstiegszeit:	12/9 ns
Eingangsimpedanz:	8 MΩ 1,2 pF
Ausgangsimpedanz:	50 Ω
Max. Ausgangsspannung:	±3,5 V an 1 MΩ
Max. Rauschen:	2 mV
Genauigkeit nach 1min:	±3 % (18 °C – 30 °C)
Gleichtaktunterdrückung DC/AC 1 MHz:	70 dB / > 50 dB
Eingänge:	2 Sicherheitsbuchsen
Eingangsleitungen:	2 Messleitungen 50 cm mit Federhaken

HZ109 Differenz-Tastkopf 1:1 / 10:1

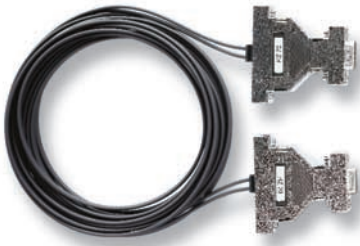


Technische Daten bei 23 °C ± 2 °C

Differenz-Eingangsspannung (DC + Spitze AC) max.:	±35 V
Max. Eingangsspannung je Eingang:	±100 V
Teilverhältnis:	1:1
Umschaltbar:	10:1
Bandbreite:	20/30 MHz
Anstiegszeit:	17/12 ns
Eingangsimpedanz:	20 MΩ 5 pF
Ausgangsimpedanz:	50 Ω
Max. Ausgangsspannung:	±3,5 V an 1 MΩ
Max. Rauschen:	2 mV
Genauigkeit nach 1min:	±3 % (18 °C – 30 °C)
Gleichtaktunterdrückung DC/AC 1 MHz:	70 dB / > 50 dB
Eingänge:	2 Sicherheitsbuchsen
Eingangsleitungen:	2 Messleitungen 50 cm mit Federhaken

HZ115 Differenz-Tastkopf 100:1/1000:1**Technische Daten bei 23 °C ± 2 °C**

Differenz-Eingangsspannung (DC + Spitze AC) max.:	± 1500 V
Max. Eingangsspannung je Eingang:	± 1500 V
Teilverhältnis:	100:1
Umschaltbar:	1000:1
Bandbreite:	20/30 MHz
Anstiegszeit:	17/12 ns
Eingangsimpedanz:	60 MΩ 1,5 pF
Ausgangsimpedanz:	50 Ω
Max. Ausgangsspannung:	± 1,5 V an 1 MΩ
Max. Rauschen:	2 mV
Genauigkeit nach 1 min:	± 3% (18 °C - 30 °C)
Gleichtaktunterdrückung DC/AC 1 MHz:	70 dB / > 50 dB
Eingangsleitungen:	2 Messleitungen 75 cm mit Sicherheitsprüfspitzen

HZ70 Opto-Interface

Das Opto-Interface HZ70 ist eine Lichtwellenleiter Übertragungsstrecke (LWL). Das Schnittstellenprotokoll entspricht dem der RS-232 Schnittstelle. Sie wird eingesetzt, wenn der Messaufbau galvanische Trennung erfordert oder die Übertragungsstrecke störsicher sein soll. Auch Erdschleifen und HF-Rückkopplungen werden durch den Einsatz einer LWL-Verbindung vermieden. Die Leitungslänge beträgt 4 m.

HZ72S/HZ72L IEEE-488 Schnittstellenkabel

IEEE-488 Bus Schnittstellenkabel
Doppelt geschirmt
90 ° abgewinkelt, stapelbar

Länge: 1,0 m - HZ72S

Länge: 1,5 m - HZ72L

HZ73 IEEE-488 Schnittstellenkabel

IEEE-488 Bus Schnittstellenkabel
Doppelt geschirmt
einseitig 90 ° abgewinkelt, stapelbar

Länge: 2,0 m

HZ56 Gleich-/Wechselstrommesszange



Über einen großen Frequenzbereich sind mit dieser AC/DC-Messzange Ströme von 1 mA bis 30 A messbar. Das Messprinzip basiert auf einem empfindlichen Hallsensor, welcher das durch den Stromfluss erzeugte Magnetfeld aufnimmt. Auch bei komplexen Kurvenformen wird eine große Messgenauigkeit erreicht. Die Spannung am Ausgang ist proportional zum gemessenen Strom und ideal zur Darstellung auf einem Oszilloskop. Die Messzange entspricht den Sicherheitsnormen nach IEC/EN 61010.

Strommessung



Messbereich:	$\pm 30 A_{DC}/20 A_{AC}$
Genauigkeit:	$\pm 1\% \pm 2 \text{ mA}$
Frequenzbereich:	DC bis 100 kHz
Auflösung:	1 mA
Ausgangsspannung:	100 mV/A
Lastimpedanz:	$> 100 \text{ M}\Omega \parallel 100 \text{ pF}$
Spannungsfestigkeit:	3,7 kV/50 Hz/1 min.
Anschluss:	2 m (50 Ω)/BNC

HZ65 Komponententester



Preiswerter Komponenten-Tester für Halbleiter, Widerstände, Kondensatoren und Spulen.

Testen der einzelnen Bauteile oder direkt in der Schaltung

Vergleichsmessungen zwischen intakter und defekter Schaltung zur Fehlerlokalisierung

Verwendung an jedem Oszilloskop mit XY-Betrieb

Prüfspannung: ca. 8,2V/50 Hz

Prüfströme: 5 mA/50 mA/200 mA umschaltbar

Anschlüsse: 2 Messleitungen für Bauteile mit dickeren Anschlüssen oder in der Schaltung eingelötet, 2 dreipolige Transistorfassungen, Polung dreifach umschaltbar

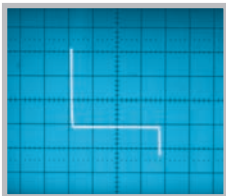
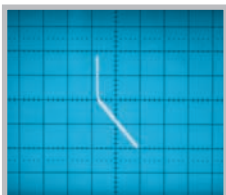
Netzspannung: 115V oder 230V/max. 6,5W

Schutzart: Schutzklasse 1

Abmessungen: 125 x 80 x 42 mm

Lieferumfang: Bedienungsanleitung, 2 Messleitungen mit Prüfspitzen

Opt. Zubehör: HZ33/HZ34 Messkabel 50 Ω

Transistorstrecke
Basis/EmitterParallelschaltung
Diode/Widerstand

HZ812/HZ887 PT100 Temperaturmesssonde



Temperaturmessung mit HZ812 in Verbindung mit HM8012



Die Temperaturmesssonden HZ812 und HZ887 sind Eintauchfühler mit Platinmesswiderstand PT100. Sie bieten eine hohe Genauigkeit über einen großen Temperaturbereich. Die Sonden sind stabil aufgebaut, wasserdicht und eignen sich auch für Anwendung in der Luft oder staubiger Umgebung. Die technischen Daten gelten bei einer Eintauchtiefe von mindestens 60 mm.

Der Anschluss an das Messgerät erfolgt entweder zweipolig mit Sicherheitssteckern (HZ812) oder vierpolig mit 4 mm Bananensteckern (HZ887). Die Länge des Anschlusskabels beträgt für beide Sonden 1,2 m.

HZ812 geeignet zur Verwendung mit HM8012

HZ887 geeignet zur Verwendung mit HM8112

Technische Daten nach EN60751 (früher IEC751)

Sondendurchmesser:	4 mm
Messbereich:	- 50 °C bis + 400 °C
Genauigkeit Klasse A :	$\pm (0,2\% \text{ vom Messwert} + 0,15\text{ °C})$
t_{99} (s):	12 s (benötigte Zeit um 99 % der Temperaturänderung anzuzeigen)
Anschluss HZ812:	Sicherheitsstecker 4 mm, 1,2 m PVC-Kabel
Anschluss HZ887:	4 mm-Stecker, 1,2 m PVC-Kabel

Genauigkeit HZ812 in Verbindung mit HM8012:	
- 50 °C < T ° < 200 °C	$\pm (0,2\% \text{ vom Messwert} + 0,25\text{ °C})$
200 °C < T ° < 400 °C	$\pm (0,2\% \text{ vom Messwert} + 0,45\text{ °C})$

HZ560 Transient Limiter



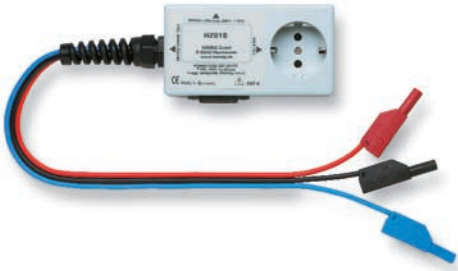
Der HZ560 Transient Limiter dient zum Schutz des Eingangskreises von Spektrumanalysatoren und Messempfängern.

Der Eingang des Transient Limiters wird über ein BNC-Kabel mit der Signalquelle verbunden. Der Ausgang kann direkt mit dem Spektrumanalysator verbunden werden.

Technische Daten bei 23 °C ± 2 °C

Frequenzbereich:	150 kHz bis 30 MHz
Durchgangsdämpfung:	10 dB (+1,5/-0,5 dB)
Max. Eingangsleistung:	+33 dBm (2 W, Mittelwert)
Max. Eingangsspannung:	$\pm 50 V_{DC}$
Stehwellenverhältnis:	1,5:1 oder besser
Anschlüsse:	BNC (Eingang und Ausgang)
Abmessungen:	67 x 32 x 32 mm

HZ815 Netzadapter für HM8015/HM8115-2



Adapter zur vereinfachten Messung der Leistungsaufnahme, Netzspannung und Stromaufnahme netzbetriebener Verbraucher (Schuko- bzw. Eurostecker) mit den Leistungsmessgeräten HM8015/HM8115-2.

HZ809 Prüfadapter Modular System 8000



Prüfadapter für Test und Reparatur der Einschubmodule vom Modularsystem 8000 außerhalb des Grundgerätes HM8001-2 bzw. HM8003. Die Modulanschlüsse im Grundgerät werden 1 zu 1 herausgeführt. Die Einschubmodule können dann mit geöffnetem Gehäuse außerhalb des Grundgerätes betrieben werden.

HZ575 Konverter



Der Konverter HZ575 wird benutzt, um mit einem Spektrumanalysator, der einen 50-Ω-Eingang besitzt, an einem 75-Ω-System angepasst messen zu können.

Der 75-Ω-Eingang ist AC-gekoppelt, der 50-Ω-Output ist DC-gekoppelt. Der Invers-Betrieb ist ebenfalls möglich.

Technische Daten

Frequenzbereich:	5 MHz – 1,2 GHz
Durchgangsdämpfung:	weniger als 1 dB
Max. Spannung	
bei 75 Ω Anschluss:	+ 10 dBm/± 20 Vdc
bei 50 Ω Anschluss:	+ 10 dBm/0 Vdc
Abmessungen:	25 x 25 x 58 mm (B x H x T)
Gewicht:	100 g

HZ97 Bereitschaftstasche



Zum Schutz und für den Transport von Oszilloskopen und Spektrumanalysatoren empfehlen wir Ihnen die HZ97 Bereitschaftstasche. Die Messgeräte lassen sich darin bequem und sicher transportieren. Ein extra Staufach bietet Platz für Messzubehör und Utensilien.

HZ520 Ansteckantenne



Ansteckantenne für HF-Empfang.

BNC- Anschluss

HZ541 VSWR - Messbrücke



Bestimmung des Stehwellenverhältnisses (VSWR = Voltage Standing Wave Ratio) und des Reflexionsfaktors (Reflection Coefficient) von Messobjekten mit einer Impedanz von 50 Ω .

Typische Messobjekte sind Dämpfungsglieder, Abschlusswiderstände, Frequenzweichen, Verstärker, Kabel oder Mischer. Der Messbereich ist von 150 kHz bis 1 GHz spezifiziert.

Technische Daten bei +10° C bis +45 °C

Frequenzbereich: 150 kHz - 1,050 MHz

Wellenwiderstand: 50 Ω

Richtverhältnis: > 28 dB (150 kHz - 300 kHz)
> 35 dB (300 kHz - 1 GHz)

Reflexionsdämpfung
am Messtor DUT: > 20 dB

Einfügungsdämpfung

IN → OUT:	20 dB (150 kHz - 300 kHz)
IN → OUT:	17 dB (300 kHz - 1 GHz)
IN → DUT:	1,7 dB
DUT → OUT:	16 dB

Belastbarkeit: +26 dBm (400 mW)

Anschlüsse: N-Buchsen

Abmessungen: 151,5 x 38 x 29,5 mm
(B x T x H, ohne Anschlüsse)

Gewicht: 450 g

Temperaturbereich: +10 °C to +45 °C

Lieferumfang: Abschlusswiderstand 50 Ω
Adapter N-Stecker zu N-Stecker (2 Stk.)
Tragekoffer (265 x 225 x 50 mm)

HZ541 am HM5014-2



HZ42 19" Einbausatz 2HE

Zum Einbau der HAMEG Geräte mit einer Gehäusehöhe von 75 mm (z. B. Systemgeräte Serie 8100).

Maße: B440, T365

2 HE: 88,1 mm

HZ43 19" Einbausatz 3HE

Zum Einbau der HAMEG Geräte mit einer Gehäusehöhe von 125 mm (z.B. Oszilloskope).

Maße: B440, T365

3 HE: 132,5 mm

Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Systemgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Bauteiletester

Optionen

Zubehör

Technische Daten



Ausstattung	Analog-Oszilloskope		Analog-/Digital-CombiScope	Analog-/Digital-Mixed Signal CombiScope
	HM1000	HM1500	HM1008	HM1508
Autoset	•	•	•	•
Save-/Recall-Speicher	9	9	9	9
Readout	•	•	•	•
Auto - Messfunktionen	6	6	10	10
Cursor Messfunktionen	7	7	13	13
Frequenzzähler (50 ppm)	0,5 Hz – 200 MHz	0,5 Hz – 250 MHz	0,5 Hz – 200 MHz	0,5 Hz – 250 MHz
RS-232 Interface	optional	optional	•	•
Interface Optionen	—	—	RS-232/USB, Ethernet, IEEE-488	
Vertikale Kanäle	2	2	2	2 Analog + 2 Logik
Bandbreite (-3 dB)	0-100 MHz	0-150 MHz	0-100 MHz	0-150 MHz
Bandbreitenbegrenzung (20 MHz)	•	•	•	•
Ablemkkoeffizient	1 mV/cm bis 20 V/cm			
Y-Verzögerungsleistung	•	•	•	•
Triggerbandbreite	0-200 MHz	0-250 MHz	0-200 MHz	0-250 MHz
Trigger-Empfindlichkeit	≥ 5 mm	≥ 5 mm	≥ 5 mm	≥ 5 mm
Trigger-Kopplung	AC, DC, HF, LF, NR, TV			
Trigger-Quelle	CH 1, CH 2, Extern Netz			CH 1, 2, 3 und 4, Netz, Extern
Spitzenwert-Trigger	•	•	•	•
Altern. Triggerung	•	•	•	•
2. Triggerung	•	•	•	•
TV (PAL, NTSC)	625 Zeilen/50 Hertz und 525 Zeilen/60 Hertz Standard			
Halbbildwahl	alle, gerade, ungerade			
Zeilenwahl	alle, Zeilenzähler			
Logiktrigger-Quellen	—	—	—	CH 1 oder 2, CH 3, CH 4
Triggerschwelle	—	—	—	TTL, CMOS, ECL, wählbar UND/ODER, WAHR/UNWAHR
Logik	—	—	—	UND/ODER, WAHR/UNWAHR
Zeitbasis, analog	von 0,5 s/cm	0,5 s/cm	0,5 s/cm	0,5 s/cm
mit Dehnung x 10	bis 5 ns/cm	5 ns/cm	5 ns/cm	5 ns/cm
Verzög. Zeitablenkung	•	•	•	•
mit 2. Zeitbasis	von 20 ms/cm	20 ms/cm	20 ms/cm	20 ms/cm
mit Dehnung x 10	bis 5 ns/cm	5 ns/cm	5 ns/cm	5 ns/cm
Variable Hold-Off-Zeit	•	•	•	•
XY-Betrieb	•	•	•	•
Horizontale Bandbreite	0-3 MHz	0-3 MHz	0-3 MHz (analog), 0-100 MHz (digital)	0-3 MHz (analog), 0-150 MHz (digital)
Digital Signalerfassungs- und und Anzeigarten	—	—	Refresh, Envelope, Average, Roll, Single, Peak Detect, XY	
Max. Abtastrate (Random)	—	—	10 GSa/s	
Max. Abtastrate (Echtzeit)	—	—	1 GSa/s	
Referenz-Signalspeicher	—	—	9	
Math. Signalfunktionen	—	—	ADD, SUB, MUL, DIV, ABS, INV, SQ, POS, NEG, 1/x	
Math. Signalspeicher	—	—	5 mit je 5 Formeln	
Speichertiefe / Kanal	—	—	1 M-Samples je Kanal	
Pre-/Post-Trigger	—	—	-100 % bis +400 %	
Zeitbasis (digital)	—	—	50 s/cm bis 5 ns/cm	
Speicher ZOOM (digital)	—	—	max. 50.000:1	
Signal Anzeige	—	—	Punkte, Vektoren (Interpolation und Dot Join), Optimal (alle Samples gewichtet u. Vektoren)	
Komponenten-Tester	•	•	•	•
Kalibrator 1 kHz/1 MHz	•	•	•	•
Strahlröhre (Beschl. Spg.)	14 kV	14 kV	14 kV	14 kV
Leistungsaufnahme	37 Watt	41 Watt	42 Watt	47 Watt

Ausstattung	Analog-Oszilloskope			Analog-/Digital-Oszilloskope
	HM303-6	HM504-2	HM2005	HM507
Autoset	—	•	•	•
Save-/Recall- Speicher	—	9	9	9
Readout	—	•	•	•
Auto-Messfunktionen	—	7	1	10
Cursor Messfunktionen	—	8	3	15
RS-232 Interface	—	•	•	•
Multifunktions-Interface	—	—	—	Option
Vertikale Kanäle	2	2	2	2
Bandbreite (-3 dB)	0-35 MHz	0-50 MHz	0-200 MHz	0-50 MHz
Bandbreitenbegrenzung	—	—	•	—
Amplitudenbereiche	von 1 mV/cm bis 20 V/cm	1 mV/cm 20 V/cm	1 mV/cm 5 V/cm	1 mV/cm 20 V/cm
Verzögerungsleistung	—	—	•	—
Triggerbandbreite	0-100 MHz	0-100 MHz	0-300 MHz	0-100 MHz
Trigger-Empfindlichkeit	≥5 mm	≥5 mm	≥5 mm	≥5 mm
Trigger-Kopplung	AC/DC LF/TV	AC/DC/HF LF/TV	AC/DC/HF NR/LF/TV	AC/DC/HF LF/TV
Trigger-Quelle	Int./Ext./~	Int./Ext./~	Int./Ext./~	Int./Ext./~
Spitzenwert-Trigger	•	•	•	•
Trigger-Pegel-Anzeige	—	•	•	•
Altern. Triggerung	•	•	•	•
2. Triggerung	—	•	•	•
TV-Sync. Separator	•	•	•	•
Zeitbasis, analog	von 0,2 s/cm bis 10 ns/cm	0,5 s/cm 10 ns/cm	0,5 s/cm 2 ns/cm	0,5 s/cm 10 ns/cm
Verzög. Zeitablenkung	—	•	•	•
mit 2. Zeitbasis	von — bis —	—	20 ms/cm 2 ns/cm	—
Horizontal Bandbreite	0-2,5 MHz	0-3 MHz	0-5 MHz	0-3 MHz
Variable Hold-Off-Zeit	•	•	•	•
XY-Betrieb	•	•	•	•
Speicher - Betriebsarten	—	—	—	Refr./Roll Single/XY Envelope Average
Max. Abtastrate (Random)	—	—	—	2 GSa/s
Max. Abtastrate (Echtzeit)	—	—	—	100 MSa/s
Speicherspeicher	—	—	—	2
Referenz-Speicherspeicher	—	—	—	3
Math. Speicherspeicher	—	—	—	3
Speichertiefe/Kanal	—	—	—	2048 x 8 bit
Pre-Trigger	—	—	—	•
Post-Trigger	—	—	—	•
1. Zeitbasis (digital)	von — bis —	—	—	100 s/cm 20 ns/cm
Dot-Join Function (linear)	—	—	—	•
Komponenten-Tester	•	•	•	•
Kalibrator 1 kHz / 1 MHz	•	—	•	—
Kalibrator DC, 1 Hz bis 1 MHz	—	•	—	•
Strahlröhre (Beschl. Spg.)	2 kV	2 kV	14 kV	2 kV
Leistungsaufnahme	36 Watt	34 Watt	43 Watt	42 Watt

50 MHz Analog- / Digital-Oszilloskop HM507

Produkt siehe Seite 14

Vertikalablenkung

Betriebsarten:	Kanal I oder Kanal II einzeln Kanal I und II (alternierend oder chop.) Summe oder Differenz von KI und KII
Invertierung:	Kanal II
XY-Betrieb:	über KI (X) und KII (Y)
Bandbreite:	2 x 0-50 MHz (-3 dB)
Anstiegszeit:	< 7 ns
Überschwingen:	max. 1 %
Ablenkkoeffizienten:	Schaltfolge 1-2-5
1 mV/cm – 2 mV/cm:	± 5 % (0 bis 10 MHz (-3 dB))
5 mV/cm – 20 V/cm:	± 3 % (0 bis 50 MHz (-3 dB))
Variabel (unkal.):	> 2,5: 1 bis > 50 V/cm
Eingangsimpedanz:	1 MΩ II 18 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, GND (Ground)
Max. Eingangsspannung:	400 V (DC + Spitze AC)

Trigging

Automatik (Spitzenwert):	20 Hz – 100 MHz (≥ 5 mm)
Normal mit Level-Einst.:	0 – 100 MHz (≥ 5 mm)
Flankenrichtung:	positiv oder negativ
Quellen:	Kanal I oder II, alternierend KI/KII (≥ 8 mm), Netz und extern
Kopplung:	AC (10 Hz – 100 MHz), DC (0 – 100 MHz), HF (50 kHz – 100 MHz), LF (0 – 1,5 kHz)
Trigginganzeige:	mit LED
2. Trigging:	mit Level-Einst. u. Flankenwahl
Triggersignal extern:	≥ 0,3 V _{SS} (0 – 50 MHz)
Aktiver TV-Sync-Separator:	Bild und Zeile, +/-

Horizontalablenkung (analog u. digital)

Analog	
Zeitkoeffizienten:	0,5 s/cm – 50 ns/cm (Schaltfolge 1-2-5)
Genauigkeit:	± 3 %
Variabel (unkal.):	> 2,5: 1 bis > 1,25 s/cm
X-Dehnung x10:	bis 10 ns/cm (± 5 %)
Genauigkeit:	± 5 %
Verzögerung (zuschaltbar):	140 ms – 200 ns (variabel)
Hold-off-Zeit:	bis ca. 10:1 (variabel)
XY-Betrieb	
Bandbreite X-Verstärker:	0 – 3 MHz (-3 dB)
XY-Phasendifferenz < 3°:	< 120 kHz
Digital	
Zeitkoeffizienten:	100 s/cm – 100 ns/cm (Schaltfolge 1-2-5)
Genauigkeit:	± 2 %
X-Dehnung x10:	bis 20 ns/cm
Genauigkeit:	± 2 %
XY-Betrieb	
Bandbreite X-Verstärker :	0 – 50 MHz (-3 dB)
XY-Phasendifferenz < 3°:	< 10 MHz

Digitale Speicherung

Betriebsarten:	Refresh, Roll, Single, XY, Envelope, Average, Random Sampling
Interpolation:	lineare Dot Join Funktion
Abtastrate (Echtzeit):	max. 100 MSa/s, 8 bit Flashwandler
Abtastrate (Random):	2 GSa/s relativ
Post/Pre-Trigger:	-10 cm bis +10 cm (kontinuierlich)
Signalerfassungsrate:	max. 180/s
Bandbreite:	2 x 0 – 50 MHz (-3 dB)
Anstiegszeit, Überschwingen:	< 7 ns, ≤ 1 %
Speicher:	3 x 2 k x 8 Bit
Referenz-Speicher:	3 x 2 k x 8 Bit
Mathematik-Speicher:	3 x 2 k x 8 Bit
Auflösung (Punkte/cm) Yt-Betrieb:	X: 200/cm., Y: 25/cm
Auflösung (Punkte/cm) XY-Betrieb:	X: 25/cm, Y: 25/cm
Bedienung / Anzeigen	
Manuell:	über Bedienungsknöpfe
Autoset:	automatische Parametereinstellung
Save und Recall:	9 Geräteeinstellungen

Readout:	Messparameter und -resultate, Cursor und Menu
Auto Messfunktionen:	
Analog-Betrieb:	Frequenz/Periode, U _{dc} , U _{pp} , U _{p+} , U _{p-} ,
zus. im Digital-Betrieb:	U _{effektiv} , U _{Mittelwert}
Cursor Messfunktionen:	
Analog-Betrieb:	ΔV, Δt, 1/Δt (f), V gegen GND, Verhältnis X, Y
zus. im Digital-Betrieb:	Impulszähler, Ut bezogen auf Triggerpunkt, Spitze - Spitze, Spitze +, Spitze -
Frequenzzähler:	4 Digit (0,01 % ± 1 Digit) 0,5 Hz – 100 MHz
Schnittstelle:	RS-232 (Steuerung u. Signalabfrage)
Optional:	H079-6 (IEEE-488, RS-232, Centronics)

Komponententester

Testspannung:	ca. 7 V _{eff} (Leerlauf)
Teststrom:	max. 7 mA _{eff} (Kurzschluss)
Testfrequenz:	ca. 50 Hz
Testkabelanschluss:	2 Steckbuchsen 4 mm Ø
Prüfkreis liegt einpolig an Masse (Schutzleiter)	

Verschiedenes

CRT:	D14-363GY, 8 x 10 cm mit Innenraster
Beschleunigungsspannung:	ca. 2 kV
Strahldrehung:	auf Frontseite einstellbar
Z-Eingang (Helligk.-Modulation, analog):	max. + 5 V (TTL)
Rechteck-Kal.-Signal:	0,2 V ± 1 %, 1 Hz – 1 MHz (ta < 4 ns), DC
Netzanschluss:	105-253 V, 50/60 Hz ± 10 %, CAT II
Leistungsaufnahme:	ca. 42 Watt bei 230 V/50 Hz
Umgebungstemperatur:	0° C...+40° C
Schutzart:	Schutzklasse I (EN 61010-1)
Gewicht:	ca. 6,0 kg
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung und Software für Windows auf CD-Rom, 2 Tastköpfe 1:1/10:1**Optionales Zubehör:** Opto-Schnittstelle (mit Lichtleiterkabel): HZ70, Multifunktions-Interface: H079-6**50 MHz Analog-Oszilloskop HM504-2**

Produkt siehe Seite 18

Vertical Deflection

Betriebsarten:	Kanal I oder Kanal II einzeln Kanal I und II (alternierend oder chop.) Summe oder Differenz von CH I und CH II
Invertierung:	CH II
XY-Betrieb:	CH I (X) und CH II (Y)
Bandbreite:	2 x 0-50 MHz (-3 dB)
Anstiegszeit:	< 7 ns
Überschwingen:	max. 1 %
Ablenkkoeffizienten:	Schaltfolge 1-2-5
1 mV/cm – 2 mV/cm:	± 5 % (0 – 10 MHz (-3 dB))
5 mV/cm – 20 V/cm:	± 3 % (0 – 50 MHz (-3 dB))
Variabel (unkal.):	> 2,5: 1 bis > 50 V/cm
Eingangsimpedanz:	1 MΩ II 18 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, GND (Ground)
Max. Eingangsspannung:	400 V (DC + Spitze AC)

Trigging

Automatik (Spitzenwert):	20 Hz – 100 MHz (≥ 5 mm)
Normal mit Level-Einst.:	0 – 100 MHz (≥ 5 mm)
Flankenrichtung:	positiv oder negativ
Quellen:	CH I oder II, alternierend CHI/CHII (≥ 8 mm), Netz und extern
Kopplung:	AC (10 Hz – 100 MHz), DC (0 – 100 MHz), HF (50 kHz – 100 MHz), LF (0 – 1,5 kHz)
Trigginganzeige:	LED
2. Trigging:	mit Level-Einst. u. Flankenwahl
Triggersignal extern:	≥ 0,3 V _{SS} (0 – 50 MHz)
Aktiver TV-Sync-Separator:	Bild und Zeile, +/-

Horizontalablenkung	
Zeitkoeffizient:	0,5 s/cm – 50 ns/cm (Schaltfolge 1-2-5)
Genauigkeit:	± 3 %
Variabel (unkal.):	> 2,5 : 1 to > 1,25 s/cm
mit X-Dehnung x10:	bis 10 ns/cm (± 5 %)
Genauigkeit:	± 5 %
Verzögerung (zuschaltbar):	140 ms – 200 ns (variabel)
Hold-off-Zeit:	bis ca. 10 : 1 (variabel)
XY-Betrieb	
Bandbreite X-Verstärker:	0 – 3 MHz (-3 dB)
XY-Phasendifferenz < 3°:	< 120 kHz

Bedienung / Anzeigen	
Manuell:	über Bedienungsknöpfe
Autoset:	automatische Parametereinstellung
Save und Recall:	für 9 Geräteeinstellungen
Readout:	Messparameter und -resultate, Cursor und Menu
Auto Messfunktion:	Frequenz, Periode, Udc, Upp, Up+, Up-, Trigger Level
Cursor Messfunktion:	Δt , $1/\Delta t$, tr, ΔU , U gegen GND, Gain, Verhältnis X, Y
Frequenzzähler:	4 Digit (0,01 % ± 1 Digit) 0,5 Hz – 100 MHz
Schnittstelle:	RS-232 (Steuerung u. Signaldatenabruf)

Komponententester	
Testspannung:	ca. 7 V _{eff} (Leerlauf)
Teststrom:	max. 7 mA _{eff} (Kurzschluss)
Testfrequenz:	ca. 50 Hz
Testkabelanschluss:	2 Steckbuchsen 4 mm Ø
Prüfkreis liegt einpolig an Masse (Schutzleiter)	

Verschiedenes	
CRT:	D14-363GY, 8 x 10 cm mit Innenraster
Beschleunigungsspannung:	ca. 2 kV
Strahldrehung:	auf Frontseite einstellbar
Z-Eingang (Helligk.-Modulation, analog):	max. + 5V (TTL)
Rechteck-Kal.-Signal:	0,2 V ± 1 %, 1 Hz – 1 MHz (ta < 4 ns), DC
Netzanschluss:	105 – 253 V, 50/60 Hz ± 10 %, CAT II
Leistungsaufnahme:	ca. 34 Watt bei 230 V/50 Hz
Umgebungstemperatur:	0° C...+40° C
Schutzart:	Schutzklasse I (EN 61010-1)
Gewicht:	ca. 5,4 kg
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung, Software für Win. auf CD-Rom, 2 Tastköpfe 1:1/10:1
Optionales Zubehör: Opto-Schnittstelle (mit Lichtleiterkabel): HZ70

200 MHz Analog-Oszilloskop HM2005

Produkt siehe Seite 15

Vertikalablenkung	
Betriebsarten:	Kanal I oder Kanal II einzeln Kanal I und II (alternierend oder chop.) Summe oder Differenz von CH I und CH II
Invertierung:	CH I und CH II
XY-Betrieb:	CH I (X) und CH II (Y)
Bandbreite:	2 x 0–200 MHz (-3 dB)
mit Begrenzung:	2 x 0–ca. 50 MHz (-3 dB)
Anstiegszeiten:	< 1,75 ns
Überschwingen:	max. 1 %
Ablenkkoeffizienten:	Schaltfolge 1-2-5
1 mV/cm – 2 mV/cm:	± 5 % (0 – 10 MHz (-3 dB))
5 mV/cm – 5 V/cm:	± 3 % (0 – 200 MHz (-3 dB))
Variabel (unkal.):	> 2,5 : 1 bis > 12,5 V/cm

Eingangsimpedanz:	1 MΩ II 15 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, GND
Max. Eingangsspannung:	250 V (DC + Spitze AC)
Verzögerungsleitung:	ca. 70 ns

Triggerung	
Zeitbasis A	
Automatik (Spitzenwert):	20 Hz-300 MHz (≥ 5 mm)
Normal mit Level-Einst.:	0 – 300 MHz (≥ 5 mm)
Flankenrichtung:	positiv oder negativ
Triggeranzeige:	LED
Quellen:	CH I oder II, CH I alternierend CH II, (≥ 8 mm), Netz und extern
Kopplung:	AC (10 Hz- 300 MHz), DC (0 -300 MHz), HF (50 kHz - 300 MHz), LF (0 -1,5 kHz), NR (Noise reject) 0– 50 MHz (≥ 8 mm)
Zeitbasis B	
Kopplung:	mit Level-Einst. und Flankenwahl
Aktiver TV-Sync-Separator:	DC (0 – 300 MHz)
Triggerung extern:	Bild und Zeile, +/- ≥ 0,3 V _{SS} (0 – 200 MHz)

Horizontalablenkung	
Zeitkoeffizienten:	A, B, A und B alternierend
Zeitbasis A:	0,5 s/cm.- 20 ns/cm (Schaltfolge 1-2-5)
Genauigkeit:	± 3 %
Variabel (unkal.):	> 2,5 : 1 bis > 1,25 s/cm
Zeitbasis B:	20 ms/cm – 20 ns/cm (Schaltfolge 1-2-5)
Genauigkeit:	± 3 %
Variabel (unkal.):	> 2,5 : 1 bis > 50 ms/cm
X-Dehnung x10:	bis 2 ns/cm
Genauigkeit:	± 5 %
Hold-off Zeit:	bis ca. 10 : 1
XY-Betrieb	
Bandbreite X-Verstärker:	0 – 5 MHz (-3dB)
XY-Phasendifferenz < 3°:	< 220 kHz

Bedienung / Anzeigen	
Manuell:	über Bedienungsknöpfe
Autoset:	automatische Parametereinstellung
Save und Recall:	für 9 Geräteeinstellungen
Readout:	Anzeige diverser Messparameter
Cursor Messfunktionen:	ΔU , Δt oder $1/\Delta t$ (Freq.)
Schnittstelle:	RS-232 (serienmäßig)

Komponententester	
Testspannung:	ca. 7 V _{eff} (Leerlauf)
Teststrom:	max. 7 mA _{eff} (Kurzschluss)
Testfrequenz:	ca. 50 Hz
Testkabelanschluss:	2 Steckbuchsen 4 mm Ø
Prüfkreis liegt einpolig an Masse (Schutzleiter)	

Verschiedenes	
CRT:	D14-375GH, 8x10 cm mit Innenraster
Beschleunigungsspannung:	ca. 14 kV
Strahldrehung:	auf Frontseite einstellbar
Rechteck-Kal.-Signal:	0,2 V ± 1 %, ≈ 1 kHz/1 MHz (ta < 4 ns)
Z-Eingang (Helligk.-Mod.):	max. + 5V TTL
Netzanschluss:	105-253 V, 50/60 Hz ± 10 %, CAT II
Leistungsaufnahme:	ca. 43 Watt bei 230 V/50 Hz
Umgebungstemperatur:	0° C...+40° C
Schutzart:	Schutzklasse I (EN 61010-1)
Gewicht:	ca. 5,9 kg
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung und Software für Windows auf CD-Rom, 2 Tastköpfe 10:1

35 MHz Analog-Oszilloskop HM303-6

Produkt siehe Seite 19

Vertikalablenkung

Betriebsarten:	Kanal I oder II einzeln Kanal I und II (alternierend oder chop.) Summe oder Differenz von CH I und CH II
Invertierung:	CH II
XY-Betrieb:	CH I (X) und CH II (Y)
Bandbreite:	2 x 0 bis 35 MHz [-3 dB]
Anstiegszeit:	< 10 ns
Überschwingen:	max. 1%
Ablenkoeffizienten:	Schaltfolge 1-2-5
1 mV/cm – 2 mV/cm:	± 5% [0 – 10 MHz (-3 dB)]
5 mV/cm – 20 V/cm:	± 3% [0 – 35 MHz (-3 dB)]
Variabel (unkal.):	> 2,5 : 1 bis > 50 V/cm
Eingangsimpedanz:	1 MΩ 20 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, GND (Ground)
Max. Eingangsspannung:	400 V [DC + Spitze AC]

Triggerung

Automatik (Spitzenwert):	20 Hz – 50 MHz (≥ 5 mm) 50 MHz – 100 MHz (≥ 8 mm)
Normal mit Level-Einst.:	0 – 50 MHz (≥ 5 mm) 50 MHz – 100 MHz (≥ 8 mm)
Triggeranzeige:	LED
Flankenrichtung:	positiv oder negativ
Quellen:	Kanal I oder II, CH I alternierend CH II, (≥ 8 mm) Netz und extern
Kopplung:	AC: 10 Hz – 100 MHz DC: 0 – 100 MHz LF: 0 – 1,5 kHz
Triggeranzeige:	LED
Triggerung extern:	≥ 0,3 V _{SS} (30 Hz – 50 MHz)
Aktiver TV-Sync-Separator:	positiv und negativ

Horizontalablenkung

Zeitbasis:	0,2 s/cm – 0,1 μs/cm (Schaltfolge 1-2-5)
Genauigkeit:	± 3%
Variabel (unkal.):	> 2,5:1 bis > 0,5 s/cm
X-Dehnung x10:	bis 10 ns/cm
Genauigkeit:	± 5%
Hold-off Zeit:	variabel bis ca. 10 : 1
XY-Betrieb	
Bandbreite X-Verstärker:	0 – 2,5 MHz [-3 dB]
XY-Phasendifferenz < 3°:	< 120 kHz

Komponententester

Testspannung:	ca. 7 V _{eff} (Leerlauf)
Teststrom:	ca. 7 mA _{eff} (Kurzschluss)
Testfrequenz:	ca. 50 Hz
Testkabelanschluss:	2 Steckbuchsen 4 mm Ø
Prüfkreis liegt einpolig an Masse (Schutzleiter)	

Verschiedenes

CRT:	D14-363GY, 8 x 10 cm mit Innenraster
Beschleunigungsspannung:	ca. 2 kV
Strahldrehung:	auf Frontseite einstellbar
Rechteck-Kal.-Signal:	0,2 V ± 1%, ≈ 1 kHz/1 MHz (t _a < 4 ns)
Netzanschluss:	105 – 253 V, 50/60 Hz ± 10%, CAT II
Leistungsaufnahme:	ca. 36 Watt bei 230 V/50 Hz
Umgebungstemperatur:	0°C...+40°C
Schutzart:	Schutzklasse I (EN 61010-1)
Gewicht:	ca. 5,4 kg
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm

Bei 23°C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung, 2 Tastköpfe
1:1/10:1

100 MHz Analog-Oszilloskop HM1000

Produkt siehe Seite 17

Vertikalablenkung

Kanäle:	2
Betriebsarten:	CH 1 (Kanal 1) oder CH 2 (Kanal 2) einzeln, DUAL (CH 1 und CH 2 alternierend oder chop.), Addition
Y in XY-Betrieb:	CH 1
Invert:	CH 1, CH 2
Bandbreite [-3dB]:	2 x 0 – 100 MHz
Anstiegszeit:	< 3,5 ns
Überschwingen:	max. 1%
Ablenkoeffizienten (CH 1, 2):	14 kalibrierte Stellungen
1 mV – 2 mV/cm:	± 5% [0 – 10 MHz (-3 dB)]
5 mV – 20 V/cm:	± 3% [1-2-5 Schaltfolge]
variabel (unkalibriert):	> 1 mV/cm bis > 50 V/cm
Eingänge Kanal 1, Kanal 2:	
Eingangsimpedanz:	1 MΩ 15 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, GND (Ground)
Max. Eingangsspannung:	400 V [DC + Spitze AC]
Y-Verzögerungsleitung:	70 ns
Messstromkreise:	Messkategorie I
Hilfseingang:	
Funktion (wählbar):	Extern Trigger, Z (Helltastung)
Kopplung:	AC, DC
Max. Eingangsspg:	100 V [DC + Spitze AC]

Triggerung

Automatik (Spitzenwert):	
Min. Signalthöhe:	5 mm
Frequenzbereich:	10 Hz – 200 MHz
Leveleinstellbereich:	von Spitze- bis Spitze+
Normal (Spitzenwert):	
Min. Signalthöhe:	5 mm
Frequenzbereich:	0 – 200 MHz
Leveleinstellbereich:	-10 cm bis +10 cm
Betriebsarten:	Flanke/Video
Flankenrichtung:	positiv, negativ, beide
Quellen:	CH 1, CH 2, altern. CH 1/2 (≥ 8 mm), Netz, extern
Kopplung:	AC: 10 Hz-200 MHz DC: 0-200 MHz HF: 30 kHz-200 MHz LF: 0-5 kHz Noise Rej. zuschaltbar
Video:	pos./neg. Sync. Impulse
Normen:	525 Zeilen/60 Hz Systeme 625 Zeilen/50 Hz Systeme
Halbbild:	gerade/ungerade/beide
Zeile:	alle/Zeilennummer wählbar
Quelle:	CH 1, CH 2, Ext.
Triggeranzeige:	LED
Ext. Trigger über:	Zusatzeingang (0,3 V _{SS} , 100 MHz)
Kopplung:	AC, DC
Max. Eingangsspannung:	100 V [DC + Spitze AC]
2. Trigger	
Min. Signalthöhe:	5 mm
Frequenzbereich:	0 – 200 MHz
Kopplung:	DC
Leveleinstellbereich:	-10 cm bis +10 cm

Horizontalablenkung

Betriebsarten:	A, ALT (alternierend A/B), B
Zeitkoeffizient A:	0,5 s/cm – 50 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
Zeitkoeffizient B:	20 ms/cm – 50 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
Genauigkeit A und B:	± 3%
X Dehnung x10:	bis 5 ns/cm
Genauigkeit:	± 5%
Variabler Zeitkoeffizient A/B:	kontinuierlich 1:2:5
Hold-off Zeit:	variabel bis 1:10 (LED-Anzeige)
Bandbreite X-Verstärker:	0 – 3 MHz [-3 dB]
XY-Phasendifferenz < 3°:	< 220 kHz

Bedienung/Messung/Schnittstellen

Bedienung:	Autoset, Menü und Hilfsfunktionen (mehrsprachig)
Save/Recall (Geräteeinstellungen):	9
Signalanzeige:	max. 4 Signalkurven CH 1, 2 (Zeitbasis A) in Kombination mit CH 1, 2 (Zeitbasis B)
Frequenzzähler:	max. 180/s
6 Digit Auflösung:	>1 MHz – 200 MHz
5 Digit Auflösung:	0,5 Hz – 1 MHz
Genauigkeit:	50 ppm
Auto Messfunktionen:	Frequenz, Periode, Udc, Upp, Up+, Up-
Cursor Messfunktionen:	ΔU , Δt , $1/\Delta t$ (f), U gegen GND, Verhältnis X, Y
Auflösung Readout/Cursor:	1000 x 2000 Punkte
Schnittstellen (plug-in):	RS-232 (HO710), Ethernet
Optional:	Dual-Interface RS232/USB

Anzeige

CRT:	D14-375GH
Anzeigefläche m. Innenraster:	8 cm x 10 cm
Beschleunigungsspannung:	ca. 14 kV

Verschiedenes

Komponententester:	
Testspannung:	ca. 7V _{eff} (Leerlauf), ca. 50 Hz
Teststrom:	max. 7 mA _{eff} (Kurzschluss)
Bezugspotenzial:	Masse (Schutzleiter)
Probe ADJ Ausgang:	1 kHz/1 MHz Rechtecksignal (Tastkopfabgleich) 0,2V _{SS} (ta < 4 ns)
Strahldrehung:	elektronisch
Netzanschluss:	105 – 253 V, 50/60 Hz \pm 10 %, CAT II
Leistungsaufnahme:	37 Watt bei 230 V, 50 Hz
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Gewicht:	5,6 kg
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm
Umgebungstemperatur:	0° C ...+40° C

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung, 2 Tastköpfe 10:1 mit Teilungsfaktorkennung
Optionales Zubehör: Dual-Interface RS-232/USB HO720, Ethernet HO730, IEEE-488 (GPIB) HO740, Opto-Interface (mit Lichtleiterkabel) HZ70

100 MHz Analog/Digital CombiScope HM1008

Produkt siehe Seite 13

Vertikalablenkung

Kanäle:	
Analog:	2
Digital:	2
Betriebsarten:	
Analog:	CH 1 (Kanal 1) oder CH 2 (Kanal 2) einzeln, DUAL (CH 1 und CH 2 alternierend oder chop.), Addition
Digital:	CH1 oder CH 2 einzeln, DUAL (CH 1 und CH 2), Addition
Y in XY-Betrieb:	CH 1
Invert:	CH 1, CH 2
Bandbreite (-3 dB):	2 x 0 - 100 MHz
Anstiegszeit:	< 3,5 ns
Überschwingen:	max. 1 %
Ablenkkoeffizienten (CH 1, 2):	
1 mV – 2 mV/cm (10 MHz)	\pm 5 % (0 - 10 MHz (-3 dB))
5 mV – 20 V/cm	\pm 3 % (1-2-5 Schaltfolge)
variabel (unkalibriert):	> 2,5:1 bis > 50 V/cm
Eingänge Kanal 1, Kanal 2:	
Eingangsimpedanz:	1 M Ω 15 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, GND (Ground)
Max. Eingangsspannung:	400 V (DC + peak AC)
Y-Verzögerungsleitung (analog):	70 ns
Messstromkreise:	Messkategorie I
Analog-Betrieb:	
Hilfseingang:	
Funktion (wählbar):	Extern Trigger, Z (Helltastung)
Kopplung:	AC, DC
Max. Eingangsspg.:	100 V (DC + Spitze AC)

Triggerung

Analog- und Digital-Betrieb	
Automatik (Spitzenwert):	
Min. Signalthöhe:	5 mm
Frequenzbereich:	10 Hz - 200 MHz
Leveleinstellbereich:	von Spitze- zu Spitze+
Normal (ohne Spitzenwert):	
Min. Signalthöhe:	5 mm
Frequenzbereich:	0 - 200 MHz
Leveleinstellbereich:	-10 cm bis +10 cm
Betriebsarten:	
Flankenrichtung:	Flanke/Video
Quellen:	positiv, negativ, beide
Kopplung:	CH 1, CH 2, altern. CH 1/2 (\geq 8 mm), Netz, extern
AC:	10 Hz-200 MHz
DC:	0-200 MHz
HF:	30 kHz-200 MHz
LF:	0-5 kHz
Video:	Noise Rej. zuschaltbar
Normal:	pos./neg. Sync. Impulse
Halbbild:	525 Zeilen/60 Hz Systeme
Zeile:	625 Zeilen/50 Hz Systeme
Quelle:	gerade/ungerade/beide
Triggeranzeige:	alle/Zeilennummer wählbar
Ext. Trigger über:	CH 1, CH 2, ext.
Kopplung:	LED
Max. Eingangsspannung:	Zusatzeingang (0,3V _{SS} , 100 MHz)
Digital-Betrieb	AC, DC
Pre/Post Trigger:	100 V (DC + Spitze AC)
Analog-Betrieb	-100 % bis +400 % auf ganzen Speicher bezogen
2. Trigger	
Min. Signalthöhe:	5 mm
Frequenzbereich:	0 - 200 MHz
Kopplung:	DC
Leveleinstellbereich:	-10 cm bis +10 cm
Horizontalablenkung	
Analog-Betrieb	
Betriebsarten:	A, ALT (alternierend A/B), B
Zeitkoeffizient A:	0,5 s/cm - 50 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)

Zeitkoeffizient B:	20 ms/cm – 50 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
Genauigkeit A und B:	±3 %
X-Dehnung x10:	bis 5 ns/cm
Genauigkeit:	±5 %
Variabler Zeitkoeffizient A/B:	cont. 1:2,5
Hold-off Zeit:	variabel bis 1:10 (LED-Anzeige)
Bandbreite X-Verstärker:	0 – 3 MHz (-3 dB)
XY-Phasendifferenz < 3°:	< 220 kHz

Digital-Betrieb

Zeitbasisbereich (Schaltfolge)	
Refresh Betriebsart:	20 ms/cm – 5 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
mit Peak Detect:	20 ms/cm – 50 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
Roll Betriebsart:	50 s/cm – 50 ms/cm (1-2-5 Schaltfolge)
Genauigkeit Zeitbasis	
Zeitkoeffizient:	50 ppm
Display:	±1 %
Speicher Zoom:	max. 40.000:1
Bandbreite X-Verstärker:	0 – 100 MHz (-3 dB)
XY-Phasendifferenz < 3°:	< 100 MHz

Digitale Speicherung

Abtastrate (Echtzeit):	2x 500 MSa/s, 1 GSa/s interleaved
Abtastrate (Random Sampling):	10 GSa/s
Bandbreite:	2 x 0 – 100 MHz (random)
Memory:	1 M-Samples pro Kanal
Betriebsarten:	Refresh, Average, Envelope/ Roll: freilaufend/getriggert, Peak-Detect
Auflösung (vertikal):	8 Bit (25 Pkt/cm)
Auflösung (horizontal):	
Yt:	11 Bit (200 Pkt/cm)
XY:	8 Bit (25 Pkt/cm)
Interpolation:	Sinx/x, Dot Join (linear)
Verzögerung:	1 Million * 1/Abtastrate bis 4 Million * 1/Abtastrate
Signalwiederholrate:	max. 170/s bei 1 M-Punkte
Darstellung:	Yt, XY [nur erfaßte Punkte], Interpolation, Dot Join
Anzahl Referenzspeicher:	9 Speicher mit 2k-Punkte (für gespeicherte Kurven)
Anzeige:	2 Signale von 9 (frei wählbar)

Bedienung/Messung/Schnittstellen

Bedienung:	Menü (mehrsprachig), Autoset, Hilfs- funktionen (mehrsprachig)
Save/Recall (Geräteeinstellungen):	9
Signalanzeige:	max. 4 Signalkurven
analog:	CH 1, 2 (Zeitbasis A) in Kombination mit CH 1, 2 (Zeitbasis B)
digital:	CH 1, 2 und ZOOM oder Referenz oder Mathematik
Frequenzzähler:	
6 Digit Auflösung:	>1 MHz – 200 MHz
5 Digit Auflösung:	0,5 Hz – 1 MHz
Genauigkeit:	50 ppm
Auto Messfunktionen:	
Analog-Betrieb:	Frequenz, Periode, Udc, Upp, Up+, Up- zusätzl. im Digitalbetrieb: $U_{effektiv}$, $U_{Mittelwert}$
Cursor Messfunktionen:	
Analog-Betrieb:	ΔU , Δt , $1/\Delta t$ (f), U gegen GND, Verhältnis X, Y zusätzl. im Digitalbetrieb: Impulzzähler, Ut bezogen auf Triggerpunkt, Spitze-Spitze, Spitze +, Spitze -
Auflösung Readout/Cursor:	1000 x 2000 Punkte, Signale: 250 x 2000
Schnittstellen (plug-in):	RS-232 (HO710)
Optional:	IEEE-488, Ethernet, Dual-Interface RS-232/USB

Mathematische Funktionen

Anzahl der Bausätze:	5 mit je 5 Formeln
Quellen:	CH 1, CH 2, Math 1-Math 5
Ziele:	5 Mathematikspeicher Math 1-5
Funktionen:	ADD, SUB, 1/X, ABS, MUL, DIV, SQ, POS, NEG, INV
Anzeige:	max. 2 Mathematikspeicher (Math 1-5)

Anzeige

CRT:	D14-375GH
Anzeigefläche m. Innenraster:	8 cm x 10 cm
Beschleunigungsspannung:	ca. 14 kV

Verschiedenes

Komponententester	
Testspannung:	ca. 7V _{eff} (Leerlauf), ca. 50 Hz
Teststrom:	max. 7 mA _{eff} (Kurzschluss)
Bezugspotenzial:	Masse (Schutzleiter)
Probe ADJ Ausgang:	1 kHz/1 MHz Rechtecksignal 0,2V _{SS} (Tastkopfabgleich) (ta < 4 ns)
Strahldrehung:	elektronisch
Netzanschluss:	105 – 253 V, 50/60 Hz ± 10 %, CAT II
Leistungsaufnahme:	42 Watt bei 230 V, 50 Hz
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Gewicht:	5,6 kg
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm
Umgebungstemperatur:	0° C ...+40° C

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung, 2 Tastköpfe 10:1 mit Teilungsfaktor-Kennung, Windows Software für Gerätesteuerung und Datentransfer

Optionales Zubehör: Dual-Interface RS-232/USB HO720, Ethernet HO730 IEEE-488 (GPIB) HO740, Opto-Interface (mit Lichtleiterkabel) HZ70

150 MHz Analog-Oszilloskop HM1500

Produkt siehe Seite 16

Vertikalablenkung

Kanäle:	2
Betriebsarten:	CH 1 (Kanal 1) oder CH 2 (Kanal 2) einzeln, DUAL (CH 1 und CH 2 alternierend oder chop.), Addition
Y in XY-Betrieb:	CH 1
Invert:	CH 1, CH 2
Bandbreite (-3dB):	2 x 0 – 150 MHz
Anstiegszeit:	< 2,3 ns
Überschwingen:	max. 1 %
Ablenkkoeffizienten (CH 1, 2):	14 kalibrierte Stellungen
1 mV – 2 mV/cm:	± 5 % (0 – 10 MHz (-3 dB))
5 mV – 20 V/cm:	± 3 % (1-2-5 Schaltfolge)
variabel (unkalibriert)	> 2,5:1 bis > 50 V/cm
Eingänge Kanal 1, Kanal 2:	
Eingangsimpedanz:	1 MΩ 15 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, GND (Ground)
Max. Eingangsspannung:	400 V (DC + Spitze AC)
Y-Verzögerungsleitung:	70 ns
Messstromkreise:	Messkategorie I
Hilfseingang:	
Funktion (wählbar):	Extern Trigger, Z (Helltastung)
Kopplung:	AC, DC
Max. Eingangsspg.:	100 V (DC + Spitze AC)

Triggerung

Automatic (Spitzenwert):	
Min. Signalthöhe:	5 mm
Frequenzbereich:	10 Hz – 250 MHz
Leveleinstellbereich:	von Spitze- zu Spitze+
Normal (ohne Spitzenwert)	
Min. Signalthöhe:	5 mm
Frequenzbereich:	0 – 250 MHz
Leveleinstellbereich:	-10 cm bis +10 cm
Betriebsarten:	Flanke/Video
Flankenrichtung:	positiv, negativ, beide
Quellen:	CH 1, CH 2, altern. CH 1/2 (≥ 8 mm), Netz, extern
Kopplung:	AC: 10 Hz-250 MHz DC: 0-250 MHz HF: 30 kHz-250 MHz LF: 0-5 kHz Noise Rej. zuschaltbar
Video:	pos./neg. Sync. Impulse
Normen:	525 Zeilen/60 Hz Systeme 625 Zeilen/50 Hz Systeme

Halbbild:	gerade/ungerade/beide
Zeile:	alle/Zeilennummer wählbar
Quelle:	CH 1, CH 2, ext.
Triggeranzeige:	LED
Ext. Trigger über:	Zusatzeingang (0,3 V _{SS} , 150 MHz)
Kopplung:	AC, DC
Max. Eingangsspannung:	100 V [DC + Spitze AC]
2. Trigger	
Min. Signalthöhe:	5 mm
Frequenzbereich:	0 - 250 MHz
Kopplung:	DC
Leveleinstellbereich:	-10 cm bis +10 cm

Horizontalablenkung	
Betriebsarten:	A, ALT [alternierend A/B], B
Zeitkoeffizienten A:	0,5 s/cm - 50 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
Zeitkoeffizienten B:	20 ms/cm - 50 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
Genauigkeit A und B:	± 3 %
X-Dehnung x10:	bis 5 ns/cm
Genauigkeit:	± 5 %
Variabler Zeitkoeffizient A/B:	kontinuierlich 1:2,5
Hold-off Zeit:	variabel 1:10 (LED-Anzeige)
Bandbreite X-Verstärker:	0 - 3 MHz (-3 dB)
XY-Phasendifferenz < 3°:	< 220 kHz

Bedienung/Messung/Schnittstellen	
Bedienung:	Menü (mehrsprachig), Autoset, Hilfsfunktionen (mehrsprachig)
Save/Recall (Geräteeinstellungen):	9
Signalanzeige:	max. 4 Signalkurven CH 1, 2 (Zeitbasis A) in Kombination mit CH 1, 2 (Zeitbasis B)
Frequenzzähler:	max. 180/s
6 Digit Auflösung:	>1 MHz - 250 MHz
5 Digit Auflösung:	0,5 Hz - 1 MHz
Genauigkeit:	50 ppm
Auto Messfunktionen:	Frequenz, Periode, U _{dc} , U _{pp} , U _{p+} , U _{p-}
Cursor Messfunktionen:	ΔU, Δt, 1/Δt (f), U gegen GND, Verhältnis X, Y
Auflösung Readout/Cursor:	1000 x 2000 Punkte
Schnittstellen (plug-in):	RS-232 (HO710), Ethernet
Optional:	Dual-Interface RS232/USB

Anzeige	
CRT:	D14-375GH
Anzeigefläche m. Innenraster:	8 cm x 10 cm
Beschleunigungsspannung:	ca. 14 kV

Verschiedenes	
Komponententester:	
Testspannung:	ca. 7 V _{eff} (Leerlauf), ca. 50 Hz
Teststrom:	max. 7 mA _{eff} (Kurzschluss)
Bezugspotenzial:	Masse (Schutzleiter)
Probe ADJ Ausgang:	1 kHz/1 MHz Rechtecksignal 0,2 V _{SS} (Tastkopfabgleich) (t _a < 4 ns)
Strahldrehung:	elektronisch
Netzanschluss:	105 - 253 V, 50/60 Hz ± 10 %, CAT II
Leistungsaufnahme:	41 Watt bei 230 V, 50 Hz
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Gewicht:	5,6 kg
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm
Umgebungstemperatur:	0° C ...+40° C

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung, 2 Tastköpfe 10:1 mit Teilungsfaktor-Kennung
Optionales Zubehör: Dual-Interface RS-232/USB HO720, Ethernet HO730, IEEE-488 (GPIB) HO740, Opto-Interface (mit Lichtleiterkabel) HZ70

150 MHz Analog- / Digital-CombiScope HM1508

Produkt siehe Seite 12

Vertikalablenkung	
Kanäle:	
Analog:	2
Digital:	2 + 2 Logik Kanäle
Betriebsarten:	
Analog:	CH 1 (Kanal 1) oder CH 2 (Kanal 2) einzeln, Dual (CH 1 und CH 2 alternierend oder chop.), Addition
Digital:	Analogsignal Kanäle: CH 1 oder CH 2 einzeln, DUAL (CH 1 und CH 2), Addition, Logiksignal Kanäle: CH 3 und CH 4
Y in XY-Betrieb:	CH 1
Invert:	CH 1, CH 2
Bandbreite (-3 dB):	2 x 0 - 150 MHz
Anstiegszeit:	< 2,3 ns
Überschwingen:	max. 1 %
Ablenkkoeffizienten (CH 1, 2):	14 kalibrierte Stellungen
1 mV - 2 mV/cm (10 MHz)	± 5 % (0 - 10 MHz (-3 dB))
5 mV - 20 V/cm	± 3 % (1-2-5 Schaltfolge)
variabel (unkalibriert):	> 1 mV/cm bis > 50 V/cm
Eingänge Kanal 1, Kanal 2:	
Eingangsimpedanz:	1 MΩ 15 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, GND [Ground]
Max. Eingangsspannung:	400 V (DC + Spitze AC)
Y Verzögerungsleitung:	70 ns
Messstromkreise:	Messkategorie I
Digital-Betrieb:	
Logik Kanäle:	CH 3, CH 4
Schaltsschwellen (Vorgegeben):	TTL, CMOS, ECL
Benutzerdefinierbare Schaltsschwellen:	3
im Bereich:	-2 V bis +3 V
Analog-Betrieb:	
Hilfseingang:	CH 4: 100 V DC + Spitze AC
Funktion (wählbar):	Extern Trigger, Z (Helltastung)
Kopplung:	AC, DC
Max. Eingangsspannung:	100 V (DC + Spitze AC)

Triggerung	
Analog- und Digital-Betrieb	
Automatik (Spitzenwert):	
Min. Signalthöhe:	5 mm
Frequenzbereich:	10 Hz - 250 MHz
Leveleinstellbereich:	von Spitze- zu Spitze+
Normal (ohne Spitzenwert):	
Min. Signalthöhe:	5 mm
Frequenzbereich:	0 - 250 MHz
Leveleinstellbereich:	-10 cm bis +10 cm
Betriebsarten:	Flanke/Video/Logik
Flankenrichtung:	positiv, negativ, beide
Quellen:	CH 1, CH 2, altern. CH 1/2 (≥ 8 mm), Netz, ext.
Kopplung:	AC: 10 Hz-250 MHz DC: 0-250 MHz HF: 30 kHz-250 MHz LF: 0-5 kHz Noise Rej. zuschaltbar
Video:	pos./neg. Sync. Impulse
Norm:	525 Zeilen/60 Hz Systeme 625 Zeilen/50 Hz Systeme
Halbbild:	gerade/ungerade/beide
Zeile:	alle/Zeilennummer wählbar
Quelle:	CH 1, CH 2, Ext.
Triggeranzeige:	LED
Ext. Trigger über:	CH 4 (0,3 V _{SS} , 150 MHz)
Kopplung:	AC, DC
Max. Eingangsspannung:	100 V [DC + Spitze AC]
Digital-Betrieb:	
Logik:	AND/OR, WAHR/UNWAHR
Quelle:	CH 1 oder 2, CH 3 und CH 4
Beschaffenheit:	X, H, L
Pre/Post Trigger:	-100 % bis +400 % auf ganzen Speicher bezogen
Analog-Betrieb:	
2. Trigger	

Min. Signalthöhe:	5 mm
Frequenzbereich:	0 - 250 MHz
Kopplung:	DC
Leveleinstellbereich:	-10 cm bis +10 cm

Horizontalablenkung

Analog-Betrieb

Betriebsarten:	A, ALT (alternierend A/B), B
Zeitkoeffizient A:	0,5 s/cm - 50 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
Zeitkoeffizient B:	20 ms/cm - 50 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
Genauigkeit A und B:	± 3 %
X-Dehnung x10:	bis 5 ns/cm
Genauigkeit:	± 5 %
Variabler Zeitkoeffizient A/B:	cont. 1:2,5
Hold-off Zeit:	var. 1:10 (LED-Anzeige)
Bandbreite X-Verstärker:	0 - 3 MHz (-3 dB)
XY-Phasendifferenz < 3°:	< 220 kHz

Digital-Betrieb

Zeitbasisbereich (Schaltfolge)

Refresh Betriebsart:	20 ms/cm - 5 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
mit Peak Detect:	20 ms/cm - 50 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
Roll Betriebsart:	50 s/cm - 50 ms/cm (1-2-5 Schaltfolge)

Genauigkeit Zeitbasis

Zeitkoeffizient:	50 ppm
Anzeige:	± 1 %
Speicher Zoom:	max. 40.000:1
Bandbreite X-Verstärker:	0 - 150 MHz (-3 dB)
XY-Phasendifferenz < 3°:	< 100 MHz

Digitale Speicherung

Betriebsarten (Echtzeit):	Analogsignal Kanäle: 2 x 500 MSA/s, 1 GSA/s interleaved Logiksignal Kanäle: 2 x 500 MSA/s
Betriebsarten (Random Sampling):	Logiksignal Kanäle: 10 GSA/s
Bandbreite:	2 x 0 - 150 MHz (Random)
Speicher:	1 M-Samples pro Kanal
Betriebsarten:	Refresh, Average, Envelope, Roll: freilaufend/getriggert, Peak-Detect
Auflösung (vertikal):	8 Bit (25 Pkt/cm)
Auflösung (horizontal):	
Yt:	11 Bit (200 Pkt/cm)
XY:	8 Bit (25 Pkt/cm)
Interpolation:	Sinx/x, Dot Join (linear)
Verzögerung:	1 Million * 1/Abtastrate bis 4 Million * 1/Abtastrate
Signalwiederholrate:	max. 170/s bei 1 M-Punkte
Darstellung:	Yt, XY (nur erfasste Punkte), Interpolation, Dot Join
Anzahl Referenzspeicher:	9 Speicher mit 2k-Punkte (für gespeicherte Kurven)
Anzeige:	2 Signale von 9 (frei wählbar)

Bedienung/Messung/Schnittstellen

Bedienung:	Menü (mehrsprachig), Autoset, Hilfsfunktionen (mehrsprachig)
Save/Recall (Geräteeinstellungen):	9
Signalanzeige:	max. 4 Signalkurven
analog:	CH 1, 2 (Zeitbasis A) in Kombination mit CH 1, 2 (Zeitbasis B)
digital:	CH 1, 2 und CH 3, 4 oder ZOOM oder Referenz oder Mathematik)
Frequenzzähler:	
6 Digit Auflösung:	>1 MHz - 250 MHz
5 Digit Auflösung:	0,5 Hz - 1 MHz
Genauigkeit:	50 ppm
Auto Messfunktionen:	
Analog-Betrieb:	Frequenz, Periode, U _{dc} , U _{pp} , U _{p+} , U _{p-}
zusätzl. im Digitalbetrieb:	U _{eff} , U _{Mittelwert}
Cursor Messfunktionen:	
Analog-Betrieb:	ΔU, Δt, 1/Δt (f), U gegen GND, Verhältnis X, Y
zusätzl. im Digitalbetrieb:	Impulszähler, U _t bezogen auf Triggerpunkt, Spitze-Spitze, Spitze +, Spitze -
Auflösung Readout/Cursor:	1000 x 2000 Punkte, Signale: 250 x 2000
Schnittstellen (plug-in):	RS-232 (HO710)
Optional:	IEEE-488, Ethernet, Dual-Interface RS-232/USB

Mathematische Funktionen

Anzahl der Bausätze:	5 mit je 5 Formeln
Quellen:	CH 1, CH 2, Math 1-Math 5
Ziele:	5 Mathematikspeicher Math 1-5
Funktionen:	ADD, SUB, 1/X, ABS, MUL, DIV, SQ, POS, NEG, INV
Anzeige:	max. 2 Mathematikspeicher (Math 1-5)

Anzeige

CRT:	D14-375GH
Anzeigefläche m. Innenraster:	8 cm x 10 cm
Beschleunigungsspannung:	ca. 14 kV

Verschiedenes

Komponententester	
Testspannung:	ca. 7 V _{eff} (Leerlauf), ca. 50 Hz
Teststrom:	max. 7 mA _{eff} (Kurzschluss)
Bezugspotenzial:	Masse (Schutzleiter)
Probe ADJ Ausgang:	1 kHz/1 MHz Rechtecksignal 0.2 V _{ss} (Tastkopfableich) (t _a < 4 ns)
Strahlendrehung:	elektronisch
Netzanschluss:	105 - 253 V, 50/60 Hz ± 10 %, CAT II
Leistungsaufnahme:	47 Watt bei 230 V, 50 Hz
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Gewicht:	5,6 kg
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm
Umgebungstemperatur:	0°C ...+40°C

Bei 23°C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung, 4 Tastköpfe 10:1 with attenuation ID, Windows Software für Gerätesteuerung und Datentransfer

Optionales Zubehör: Dual-Interface RS-232/USB HO720, Ethernet HO730, IEEE-488 (GPIB) HO740, Opto-Interface (mit Lichtleiterkabel) HZ70

Funktionen	Synthesizergesteuerte Spektrumanalysatoren			
	HM5510	HM5511	HM5012-2	HM5014-2
Frequenz				
Messbereich	150 kHz bis 1 GHz	150 kHz bis 1 GHz	150 kHz bis 1 GHz	150 kHz bis 1 GHz
Einstellbereich (Mittelfrequenz)	0 kHz bis 1,05 GHz	0 kHz bis 1,05 GHz	0 kHz bis 1,05 GHz	0 kHz bis 1,05 GHz
Einstellgenauigkeit	1 kHz	1 kHz	1 kHz	1 kHz
Span (Schaltfolge 1-2-5)	1 MHz bis 1 GHz	1 MHz bis 1 GHz	1 MHz bis 1 GHz	1 MHz bis 1 GHz
Zero-Span	•	•	•	•
Full-Span	•	•	•	•
Auflösungsbandbreiten	20 kHz/500 kHz	20 kHz/500 kHz	9 kHz/120 kHz/1 MHz	9 kHz/120 kHz/1 MHz
Videobandbreite	4 kHz/Aus	4 kHz/Aus	4 kHz/Aus	4 kHz/Aus
Sweepzeit (autom. Umschaltung)	20 ms	20 ms	40 ms, 320 ms	40 ms, 320 ms
Amplitude				
Messbereich	-100 bis +10 dBm	-100 bis +10 dBm	-100 bis +10 dBm	-100 bis +10 dBm
Eingangsimpedanz	50 Ohm	50 Ohm	50 Ohm	50 Ohm
Eingangsteiler (10 dB Schritte)	0 - 40 dB	0 - 40 dB	0 - 40 dB	0 - 40 dB
Max. Referenzpegel	+10 dBm	+10 dBm	+10 dBm	+10 dBm
Referenz-Auflösung	0,5 dBm	0,5 dBm	0,4 dBm	0,4 dBm
Skalierung	10 dB/div.	10 dB/div.	10 dB/div., 5 dB/div.	10 dB/div., 5 dB/div.
Markerfunktionen	Signalfrequenz, Pegel	Signalfrequenz, Pegel	Signalfrequenz, Pegel	Signalfrequenz, Pegel
Signalerfassung				
Digital			Sample, Average, MAX. HOLD	Sample, Average, MAX. HOLD
Analog	•	•		
Signalverarbeitung	—	—	A - B	A - B
Signalanzeige				
Strahlröhre	•	•	•	•
Y-Auflösung, Anzeige (8 div)	160 Punkte	160 Punkte	200 Punkte	200 Punkte
X-Auflösung, Anzeige (10 div)	2000 Punkte	2000 Punkte	2000 Punkte	2000 Punkte
Speicher				
Speichertiefe pro Signal	—	—	2 kByte	2 kByte
Anzahl der Signalspeicher	—	—	2	2
Save/Recall Speicher	—	—	10	10
Trackinggenerator	—	•	—	•
Ausgangspegel an 50 Ohm		- 50 dBm bis 0 dBm		- 50 dBm bis +1 dBm
Auflösung		0,5 dB		0,2 dB
Schnittstelle	—	—	RS-232	RS-232
Stromversorgung	105 - 253 V~	105 - 253 V~	105 - 253 V~	105 - 253 V~

1 GHz Spektrumanalysator HM5012-2 / HM5014-2

Produkt siehe Seite 29

Frequenzeigenschaften

Frequenzbereich:	0,15 MHz bis 1,050 GHz
Stabilität:	± 5 ppm
Alterung:	± 1 ppm/Jahr
Auflösung Frequenzanzeige:	1 kHz (6½ Digit im Readout)
Mittelfrequenzinstellbereich:	0 bis 1,050 GHz
Frequenzgenerierung:	TCXO mit DDS (digitale Frequenzsynthese)
Spanbereich:	Zero-Span u. 1 MHz - 1000 MHz (Schaltfolge 1-2-5)
Marker:	
Frequenzauflösung:	1 kHz, 6½ digit,
Amplitudenauflösung:	0,4 dB, 3½ digit
Auflösungsbandbreiten	
(RBW) @ 6dB:	1 MHz, 120 kHz und 9 kHz
Video-Filter (VBW):	4 kHz
Sweepzeit	
(automatische Umschaltung):	40 ms, 320 ms, 1 s*

Amplitudeneigenschaften (Marker bezogen) 150 kHz – 1 GHz

Messbereich:	-100 dBm bis +10 dBm
Skalierung:	10 dB/div., 5 dB/div.
Anzeigebereich:	80 dB (10 dB/div.), 40 dB (5 dB/div.)
Amplitudenfrequenzgang (bei 10 dB Attn., Zero Span und RBW 1 MHz, Signal -20 dBm):	± 3 dB
Anzeige (CRT):	8 x 10 Division
Anzeige:	logarithmisch
Anzeigeeinheit:	dBm
Eingangsteiler (Attenuator):	0 - 40 dB (10 dB-Schritte)
Eingangsteilergenauigkeit bezogen auf 10dB:	± 2 dB
Max. Eingangspegel (dauernd anliegend)	
40 dB Abschwächung:	+20 dBm (0,1 W)
0 dB Abschwächung:	+10 dBm
Max. zul. Gleichspannung:	± 25 V
Referenzpegel - Einstellbereich:	+10 dBm
Genauigkeit des Referenzpegels bezogen auf 500 MHz, 10 dB Attn., Zero Span und RBW 1 MHz:	± 1 dB
Min. Rauschpegelmittelwert:	ca. -100 dBm (RBW 9 kHz)
Intermodulationsabstand (3. Ordnung):	typisch > 75 dBc (2 Signale: 200 MHz u. 203 MHz, - 3 dB < Referenzpegel)
Abstand harmonischer Verzerrungen (2. harm.):	typisch > 75 dBc (200MHz, Referenzpegel)
Bandbreitenabhängiger Amplitudenfehler bezogen auf RBW 1 MHz und Zero Span:	± 1 dB
Digitalisierung:	± 1 Digit (0,4 dB) bei 10 dB/div. Skalierung (Average, Zero Span)

Eingänge / Ausgänge

Messeingang:	N socket
Eingangsimpedanz:	50 Ω
VSWR: (Attn. ≥ 10 dB)	typ. 1,5:1
Mitlaufsenderausgang:	N-Buchse
Ausgangsimpedanz:	50 Ω
Testsignalausgang:	BNC-Buchse
Frequenz, Pegel:	48 MHz, -30 dBm (± 2 dB)
Versorgungsspannung für Sonden (HZ 530):	6 V DC
Audioausgang (Phone):	3,5 mm Ø Klinke
RS-232 Schnittstelle:	9pol./Sub-D

Funktionen

Eingabe Tastatur:	Mittelfrequenz, Referenz- und Mitlaufgeneratorpegel (nur HM5014-2)
Eingabe Drehgeber:	Mittelfrequenz, Referenz- und Mitlaufgeneratorpegel, Marker (nur HM5014-2)
Max-Hold-Detektion:	Spitzenwertdetektion
Quasi-Peak-Detektion: *	bewertete Quasi-Spitzenwertdetektion
Average:	Mittelwertbildung

Referenzkurve:	2 k x 8 Bit
SAVE / RECALL:	Speicherung u. Aufruf von 10 Geräteeinstellungen
AM-Demodulation:	für Audio
LOCAL:	Aufhebung der RS-232 Steuerung
Readout:	Anzeige diverser Messparameter

Tracking Generator (Nur HM5014-2)

Frequenzbereich:	0,15 MHz bis 1,050 GHz
Ausgangspegel:	-50 dBm bis +1 dBm
Frequenzgang: (0,15 MHz – 1 GHz)	
+1 dBm bis -10 dBm:	± 3 dB
-10,2 dBm bis -50 dBm:	± 4 dB
Digitalisierung:	± 1 digit (0,4 dB)
HF-Störungen:	besser als 20 dBc

Verschiedenes

CRT:	D14-363GY, 8 x 10 cm mit Innenraster
Beschleunigungsspannung:	ca. 2 kV
Strahldrehung:	auf Frontseite einstellbar
Betriebsbedingungen:	10° C bis 40° C
Netzanschluss:	105-253 V, 50/60 Hz ± 10 %, CAT II
Leistungsaufnahme:	ca. 35 W bei 230 V/50 Hz
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm
Gewicht (HM5012-2):	ca. 6 kg
Gewicht (HM5014-2):	ca. 6,5 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

*) Nur in Verbindung mit Software AS100E

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung und Software für Windows auf CD-Rom

Optionales Zubehör: Opto-Interface HZ70, Ansteckantenne HZ520, Sondensatz für EMV-Diagnose HZ530

1 GHz Spektrumanalysator HM5510 / HM5511

Produkt siehe Seite 28

Frequenzeigenschaften

Frequenzbereich:	0,15 MHz bis 1,050 GHz
Stabilität:	±5 ppm
Alterung:	±1 ppm/Jahr
Auflösung Frequenzanzeige:	1 kHz (6 1/2 -Digit im readout)
Mittelfrequenzeinstellbereich:	0 bis 1,050 GHz
Frequenzgenerierung:	TCXO mit DDS (digitale Frequenzsynthese)
Spanbereich:	Zero-Span u. 1 MHz – 1000 MHz (Schaltfolge1-2-5)
Marker:	
Frequenzauflösung:	1 kHz, 6 1/2 Digit,
Amplitudenauflösung:	0.5 dB, 3 1/2 Digit
Auflösungsbandbreiten	
(RBW) @ 3dB:	500 kHz und 20 kHz
Video-Filter (VBW):	4 kHz
Sweepzeit:	20 ms

Amplitudeneigenschaften (Marker bezogen) 150kHz-1GHz

Messbereich:	-100 dBm bis +10 dBm
Skalierung:	10 dB/div.
Anzeigebereich:	80 dB (10dB/div.)
Amplitudenfrequenzgang (bei 10dB Attn., Zero Span und RBW 500kHz, Signal -20dBm):	±3 dB
Anzeige (CRT):	8 x 10 Division
Anzeige:	logarithmisch
Anzeigeeinheit:	dBm
Anzeige (LCD):	Zeilen x 20 Zeichen, Centerfrequenz, Span, Markerfrequenz, Ref-Level, Marker-Level
Eingangsteiler (Attenuator):	0 - 40 dB (10 dB-Schritte)
Eingangsteilergenauigkeit bezogen auf 10 dB:	±2 dB
Max. Eingangspegel (dauernd anliegend)	
10 - 40 dB Abschwächung:	+20 dBm (0,1 W)
0 dB Abschwächung:	+10 dBm
Max. zul. Gleichspannung:	±25 V
Referenzpegel - Einstellber.:	+10 dBm
Genauigkeit des Referenzpegels bezogen auf 500 MHz, 10 dB Attn. Zero Span und RBW 500 kHz:	±1 dB
Min. Rauschpegelmittelwert:	ca. -100 dBm (RBW 20 kHz)
Intermodulationsabstand (3. Ordnung):	typisch > 75 dBc (2 Signale: 200 MHz u. 203 MHz, - 3 dB < Referenzpegel)
Abstand harmonischer Verzerrungen (2. harm.):	besser als 75 dBc (200 MHz, Referenzpegel)
Bandbreitenabhängiger Amplitudenfehler bezogen auf RBW 500 kHz u. Zero Span:	±1 dB

Eingänge/Ausgänge

Messeingang:	N socket
Eingangsimpedanz:	50 Ω
VSWR: (Attn. ≥ 10 dB)	typ. 1,5:1
Versorgungsspannung für Sonden (HZ530):	6 V DC
Audioausgang (Phone):	3,5 mm Ø Klinke
Nur HM 5510:	
Testsignalausgang:	N-Buchse, Ausgangsimpedanz 50 Ω
Frequenz:	10 MHz
Pegel:	0 dBm (±2 dB)

Funktionen

Eingabe Tastatur:	Mittelfrequenz, Referenz- und Trackinggeneratorpegel (nur HM5511)
Eingabe Drehgeber:	Mittelfrequenz, Referenz- und Mitlaufgeneratorpegel, Marker; Intensität (CRT), Kontrast (LCD)
Nur HM5511:	
Tracking-Generator	
Frequenzbereich:	0,15 MHz – 1,050 GHz
Ausgangspegel:	-50 dBm bis 0 dBm

Frequenzgang	
0 dBm bis -9,5 dBm	± 4 dB
-10 dBm bis -50 dBm	± 3 dB
HF-Störungen:	besser als 20 dBc

Verschiedenes

CRT:	D14-363GY, 8 x 10 cm mit Innenraster
Beschleunigungsspannung:	ca. 2 kV
Strahldrehung:	auf Frontseite einstellbar
Betriebsbedingungen:	+10° C bis +40° C
Netzanschluss:	105 - 253 V, 50/60 Hz ± 10 %, CAT II
Leistungsaufnahme HM5510:	ca. 30 W bei 230 V/50 Hz
Leistungsaufnahme HM5511:	ca. 35 W bei 230 V/50 Hz
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm, verstellbarer Aufstell-Tragegriff
Farbe:	techno-braun
Gewicht HM5510:	ca. 5,6 kg
Gewicht HM5511:	ca. 6,0 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: Ansteckantenne HZ520, Sondensatz für EMV-Diagnose HZ530

Ausstattung	Netzgeräte			
	HM8040-3	HM7042-5	HM8143	HM7044
Ausgänge	3	3	3	4
Ausgang Ch1	0 bis 20V 0,5A	0 bis 32V 2A	0 bis 30V 2A	0 bis 32V 3A
Ausgang Ch2	0 bis 20V 0,5A	0 bis 5.5V 5A	0 bis 30V 2A	0 bis 32V 3A
Ausgang Ch3	5V 1A	0 bis 32V 2A	5V 2A	0 bis 32V 3A
Ausgang Ch4				0 to 32V 3A
Stör/Brumm effektiv	≤ 1 mV	≤ 100 μV	≤ 2 mV	≤ 1 mV
Display	3-digit	4-digit	4-digit	4-digit
U-Auflösung	100 mV	10 mV	10 mV	10 mV
I-Auflösung	1 mA	1/10 mA	1 mA	1 mA
Betriebsart	seriell/parallel	seriell/parallel	seriell/parallel	seriell/parallel
Konstantspannung	•	•	•	•
Konstantstrom	•	•	•	•
Trackingbetrieb			•	•
Ausgänge schaltbar	•	•	•	•
Strombegrenzung	0 - 0,5A	0 - 5A/0 - 2A	0 - 2A	5 mA - 3A
elektronische Sicherung	•	•	•	•
SENSE			•	•
externe Modulation			•	
Arbitrary Funktion			•	
elektronische Last			2A	
Typ	linear	getaktet / linear	linear	getaktet / linear
Ausgangsleistung	25W	155W	130W	384W
Schnittstelle			RS-232 opt. IEEE488 opt. USB opt.	RS-232 IEEE488 opt. USB opt.
Funktion			fernsteuerbar	fernsteuerbar
Gewicht	1,07 kg	7,40 kg	10,00 kg	8,50 kg
Remarks	Grundgerät HM8001-2 oder HM8003 notwendig Temperatur- sicherung	Temperaturgere- gelter Lüfter	Eingabe von Arbitrarisignalen via Interface	Tracking Betrieb für alle Kanäle Ziffernblock zur Parametereingabe

Dreifach-Netzgerät HM7042-5

Produkt siehe Seite 46

Ausgänge

2 x 0 – 32 V und 0..5,5 V	mit einer Taste ein-/ausschaltbar, DC/DC und Längsregler, potenzialfrei für Parallel- / Serienbetrieb, Strombegrenzung und elektronische Sicherung
----------------------------------	--

Ausgang I + III (32 V)

Einstellbereich:	2 x 0 – 32 V, stufenlos einstellbar 2 x Drehregler (grob/fein)
Restwelligkeit:	$\leq 100 \mu\text{V}_{\text{eff}}$ (3 Hz – 300 kHz)
Ausgangsstrom:	max. 2 A
Strombegrenzung/elektr. Sicherung:	0 – 2 A, stufenlos einstellbar mit Drehregler
Vollständige Lastausregelung (bei 10%-90% Lastsprung)	80 μs für letzten Eintritt in $\pm 1 \text{ mV}$ Bandbreite 30 μs für letzten Eintritt in $\pm 10 \text{ mV}$ Bandbreite 00 μs für letzten Eintritt in $\pm 100 \text{ mV}$ Bandbreite
Max. Abweichung:	typ. 75 mV
Vollständige Lastausregelung (bei 50% Grundlast und $\pm 10\%$ Lastsprung)	30 μs für letzten Eintritt in $\pm 1 \text{ mV}$ Bandbreite 05 μs für letzten Eintritt in $\pm 10 \text{ mV}$ Bandbreite 00 μs für letzten Eintritt in $\pm 100 \text{ mV}$ Bandbreite
Max. Abweichung:	typ. 17 mV
Anzeige	
7-Segment LED:	32,00 V (4 Digit) / 2,000 A (4 Digit)
Auflösung:	0,01 V / 1 mA
Anzeigegegenauigkeit:	± 3 digit Spannung / ± 4 digit Strom
LED:	signalisiert Übergang zur Stromregelung

Ausgang II (5,5 V)

Einstellbereich:	0 – 5,5 V, stufenlos einstellbar mit Drehregler
Restwelligkeit:	$\leq 100 \mu\text{V}_{\text{eff}}$ (3 Hz – 300 kHz)
Ausgangsstrom:	max. 5 A
Strombegrenzung / elektronische Sicherung:	0 – 5 A, stufenlos einstellbar mit Drehregler
Vollständige Lastausregelung (bei 10%-90% Lastsprung):	80 μs für letzten Eintritt in $\pm 1 \text{ mV}$ Bandbreite 10 μs für letzten Eintritt in $\pm 100 \text{ mV}$ Bandbreite
Max. Abweichung:	typ. 170 mV
Vollständige Lastausregelung (bei 50% Grundlast und $\pm 10\%$ Lastsprung)	30 μs für letzten Eintritt in $\pm 1 \text{ mV}$ Bandbreite 15 μs für letzten Eintritt in $\pm 10 \text{ mV}$ Bandbreite 00 μs für letzten Eintritt in $\pm 100 \text{ mV}$ Bandbreite
Max. Abweichung:	typ. 60 mV
Anzeige	
7-Segment LED:	5,50 V (3 digit) / 5,00 A (3 Digit)
Auflösung:	0,01 V / 10 mA
Anzeigegegenauigkeit:	± 3 digit Spannung / ± 1 digit Strom
LED:	signalisiert Übergang zur Stromregelung

Grenzwerte

Gegenspannung:	CH I + CH III: 33 V CH II: 6 V
Falsch gepolte Spannung:	max. 0,4 V
Max. zul. Strom bei falsch gepolter Spannung:	max. 5 A
Spannung gegen Erde:	max. 150 V

Verschiedenes

Schutzart:	Schutzklasse I (EN 61010-1)
Netzanschluss:	115V/230V $\pm 10\%$; 50/60 Hz
Netzanschluss:	115 V: 2 x 5 A Träge 5 x 20 mm 230 V: 2 x 2,5 A Träge 5 x 20 mm
Leistungsaufnahme:	max. 330 VA / 250 W
Arbeitstemperatur:	0°...+40 °C
Lagertemperatur:	-20 °C...+70 °C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	< 80% (ohne Kondensation)
Abmessungen (BxHxT):	285 x 90 x 389 mm
Gewicht:	ca. 7,4 kg

Bei 23°C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Bedienungsanleitung und Netzkabel
Optionales Zubehör: HZ10 Silikon Messleitung, HZ42 19" Einbausatz 2HE

Vierfach Hochleistungs-Netzgerät HM7044

Produkt siehe Seite 47

Ausgang I, II, III u. IV mit identischen Daten

Konstant-Spannungsquelle

Spannungseinstellung:	0 – 32 V DC
Einstellauflösung:	10 mV, 4-stellige Anzeige
Einstellgenauigkeit:	± 5 Digit
Effektive Restwelligkeit:	< 1 mV _{eff} Spannungsregelung
Stromeinstellung:	5 mA – 3 A
Einstellauflösung:	1 mA, 4-stellige Anzeige
Einstellgenauigkeit:	± 8 Digit
Effektive Restwelligkeit:	< 1 mV _{eff} /100 μA Stromregelung

Parallel-Betrieb

Ausgangsspannung:	32 V max.
Ausgangsstrom:	12 A max. bei 4 Ausgängen
Ausgangsleistung:	384 W max.

Serien-Betrieb

Ausgangsspannung:	128 V max. bei 4 Ausgängen
Ausgangsstrom:	3 A max.
Ausgangsleistung:	384 W max.

Tracking-Modus

Spannungs-Tracking mit bis zu 4 Ausgängen

Elektronische Stromsicherungen

Stromeinstellung:	5 mA – 3 A; jedem Ausgang ist eine Sicherung zuschaltbar
Anzahl der Sicherungen:	4

Programmierbare Ausgangsabschaltung

Bei Überlast an einem Ausgang können bis zu 4 Ausgänge abgeschaltet werden.

Ausgangsabschalter

Alle Ausgänge einzeln oder mit einer Taste ab- und zuschaltbar.

7-Segment Anzeigen

Acht Displays, 4-stellige Spannungs- und Stromanzeige

LED-Anzeigen

Ausgang aktiv; Strombegrenzung aktiv; Sicherung aktiv, (je 3 LEDs pro Ausgang)

Interface

Interface:	Serielle RS-232 Schnittstelle für PC-Anschluss
Prozesszeit:	100 ms, bis die Ausgangsspannung den digital gesendeten Wert erreicht

Allgemeine Daten

Innenwiderstand	
Statisch:	typ. 2,5 m Ω
Dynamisch:	typ. 150 m Ω
10 / 90 % Lastausregelzeit (Spannungskonstanz $\pm 100 \text{ mV}$):	$\leq 2,5 \text{ ms}$
Stabilität:	0,1 mV bei Netzspannungsänderung von $\pm 10\%$ @ < 80 W je Ausgang
Temperaturkoeffizient:	100 ppm / C°
Überstromabschaltzeit (> 3 A auf 0 A):	< 50 μs
Erdfreie Ausgänge:	max. Potenzial $\pm 150 \text{ V}$ gegen Schutzleiter
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Netzanschluss:	115 / 230 V – $\pm 10\%$, 50 – 60 Hz
Leistungsaufnahme:	530 W max. bei 384 W Leistungsabgabe
Betriebsbedingungen:	+ 10 °C bis + 40 °C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	10 – 90 % (ohne Kondensation)
Abmessungen (BxHxT):	285 x 125 x 380 mm
Gewicht:	ca. 8,5 kg

Bei 23°C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Bedienungsanleitung und Netzkabel
Optionales Zubehör: HZ10 Silikonumhüllte Messleitung

Dreifach-Netzgerät (Modul) HM8040-3

Produkt siehe Seite 49

Ausgänge

2 x 0-20 V und 5 V	mit einer Taste ein-/ausschaltbar, Längsregler mit Temperatursicherung, potenzialfrei für Parallel- / Serienbetrieb, einstellbare Strombegrenzung und elektronische Sicherung
--------------------	---

20 V-Ausgang

Einstellbereich:	2 x 0 - 20 V, stufenlos
Restwelligkeit:	$\leq 1 \text{ mV}_{\text{eff}}$
Ausgangsstrom:	max. 0,5 A
Strombegrenzung / elektronische Sicherung:	0 - 0,5 A stufenlos einstellbar

Dynamisches Verhalten:**Vollständige Lastausregelung bei 10% - 90% Lastsprung**

Ausregelzeit:	200 μs
Dyn. Regeldifferenz:	1,5 mV
Dyn. Ausgangswiderstand:	3,75 m Ω

Vollständige Lastausregelung bei 50% Grundlast und $\pm 10\%$ Lastsprung

Ausregelzeit:	150 μs
Dyn. Regeldifferenz:	400 μV
Dyn. Ausgangswiderstand:	4 m Ω

5 V-Ausgang

Einstellbereich:	5 V $\pm 0,5$ V mit Trimmer-Potentiometer
Restwelligkeit:	$\leq 1 \text{ mV}_{\text{eff}}$
Ausgangsstrom:	max. 1 A im Dauerbetrieb, kurzschlussfest

Kombinierte Anzeige der 20 V-Ausgänge

7-Segment LED:	2 x 3-stellige Anzeige, je für Spannung und Strom (V, mA)
Auflösung:	0,1 V/1 mA
Anzeigegenauigkeit:	± 1 digit Spannung / ± 4 digit Strom
LED:	signalisiert Übergang zur Stromregelung

Grenzwerte

Gegenspannung:	25 V, jeder Ausgang
Gegenstrom:	500 mA, jeder Ausgang
Spannung gegen Erde:	100 V, jede Ausgangsbuchse
Temperatursicherung:	Überschreitet die Innentemperatur einen Wert von 75...80°C, wird das HM8040-3 abgeschaltet.

Verschiedenes

Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Versorgung (von Grundgerät):	1 x 8 V 2 x 24 V 1 x 5 V 1 x 18 V _{AC}
Leistungsaufnahme inkl. Grundgerät HM8001-2:	max. 90 VA/75 W (max. 110 VA/95 W Kurzschluss 5 V-Ausgang)
Stromentnahme bei Betrieb in HM8003:	max. 0,25 A pro Kanal
von 2 HM8040-3 in HM8001-2:	Summe aller Ausgangsströme < 2 A
Betriebsbedingungen:	0 °C bis +40 °C
Lagertemperatur:	-20 °C bis +70 °C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	$< 80\%$ (ohne Kondensation)
Abmessungen (B x H x T):	135 x 68 x 245 mm
Gewicht:	ca. 1,07 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ10 Silikonumhüllte Messleitung

Arbitrary-Netzgerät HM8143

Produkt siehe Seite 48

Ausgangsspannungen:	2 x 0 - 30 V _{DC} ; 1 x 5 V _{DC}
Ausgangsströme:	2 x 0 - 2 A _{DC} ; 1 x 2 A _{DC}
Auflösung:	10 mV/1 mA
Betriebsarten:	Konstantspannung (CV); Konstantstrom (CC)
Ausgangsimpedanz:	$< 5 \text{ m}\Omega$ 0,1 μF +1,5 mH (U-Quelle)
Restwelligkeit (U):	$< 2 \text{ mV}_{\text{eff}}$ (bei Volllast; 10 Hz - 100 kHz) $< 3 \text{ mV}_{\text{eff}}$ (bei Volllast; 10 Hz - 1 MHz)
(I):	$< 60 \mu\text{A}_{\text{eff}}$ (bei Volllast)
Bandbreite (-3 dB):	$> 8 \text{ kHz}$
Slew Rate (dV/dt):	typ. $> 0,7 \text{ V}/\mu\text{s}$
Anstiegszeit:	typ. 50 μs
Erholzeit:	typ. 40 μs
Einsatzverzögerung der Stromregelung:	200 μs (2 μs f. $I_{\text{out}} > 3$ A)
Stabilität (dU/dθ):	$< 300 \text{ ppm}/^\circ\text{C} + 250 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$
(dI/dθ):	$< 300 \text{ ppm}/^\circ\text{C} + 25 \mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Modulationseingänge:	0 - 3 V (± 1 V); R _i = 10 k Ω
Einstellgenauigkeit:	0,2% v. Messwert ± 3 Digit
Messgenauigkeit:	0,2% v. Messwert ± 1 Digit
Lastregelung:	0,03% (bei U _A = 15 V; $\Delta I = 1$ A)
Netzeinfluss:	$< 1 \text{ mV}/\text{V}$
Kompensation der Zuleitungswiderstände:	bis zu max. 1 Ω
Einstellzeit:	$< 5 \text{ ms}$ (manuell), $< 10 \text{ ms}$ (IEEE)

Arbitrary-Funktion (nur für eine Ausgangsspannung)

Anzahl der Stützpunkte:	512
Aufbau der Stützpunkte:	Spannungswert und Verweilzeit
Min. Verweilzeit:	100 μs
Max. Verweilzeit:	50 sec.
Schrittweite:	100 μs , 200 μs , 500 μs ; 1, 2, 5 ms; 10, 20, 50 ms...50 s (16 Werte)
Repetiertrate im Arbitrary-Betrieb:	1-255 fach und ∞
Auflösung vertikal:	10 mV

Stromsenke

Betriebsart:	Konstantstrom (CC)
Leistungsbereich:	60 Watt (max. 2 A) pro Ausgang
Ausgangsimpedanz:	$> 100 \text{ k}\Omega + 1 \mu\text{F}$ (I-Quelle)
Programmiergenauigkeit:	0,2% v. Messwert ± 3 Digit
Auflösung:	1 mA
Messgenauigkeit:	0,2% v. Messwert ± 1 Digit

Verschiedenes

Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Netzanschluss:	115/230 V $\pm 15\%$; 50/60 Hz
Leistungsaufnahme:	ca. 160 W
Betriebsbedingungen:	0°C bis +40°C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	10%-90% (ohne Kondensation) 5%-95% RH
Gehäuse (B x H x T):	285 x 75 x 365 mm
Gewicht:	ca. 10 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ10 Silikonumhüllte Messleitung, HZ42 19" Einbausatz 2HE, HZ72-S/L Kabel für IEEE-Bus, 1 m/1,5 m, H0880 IEEE-488 Interface, H0890 RS-232 Schnittstelle

6 1/2-Digit Präzisions-Multimeter HM8112-3

Produkt siehe Seite 56

Gleichspannung

Messbereiche:	0,1 V; 1 V; 10 V; 100 V; 600 V		
Eingangswiderstand			
0,1 V, 1,0 V:	> 1 GΩ		
10 V, 100 V, 600 V:	10 MΩ		
Genauigkeit:	Errechnet aus ± (% angezeigter Wert (rdg.)+ % Messbereich (f.s.))		
	1 Jahr; 23 ± 2° C		Temp. Koeffizient
Messbereich	%rdg.	%f.s.	10...21° C + 25...40° C
0,1 V	0,005	0,0006	0,0008
1,0 V	0,003	0,0006	0,0008
10,0 V	0,003	0,0006	0,0008
100,0 V	0,003	0,0006	0,0008
600,0 V	0,004	0,0006	0,0008
Integrationszeit:	0,1 sec	1 bis 60 sec	
Anzeigeumfang:	120,000	1.200,000	
600 V-Bereich:	60,000	600,000	
Auflösung:	1 µV	100 nV	
Nullpunkt			
Temperaturdrift:	besser als 0,3 µV/°C		
Langzeitstabilität:	besser als 3 µV über 90 Tage		

Wechselspannung

Messbereiche:	0,1 V; 1 V; 10 V; 100 V; 600 V				
Messmethode:	echter Effektivwert mit DC-Kopplung oder mit AC-Kopplung (nicht im 0,1 V-Bereich)				
Eingangswiderstand im Messbereich:					
0,1 V und 1 V:	1 GΩ II < 60 pF				
10 V bis 600 V:	10 MΩ II < 60 pF				
Einschwingzeit:	1,5 sec bis 0,1% vom Messwert				
Genauigkeit:	Für Sinussignal > 5% f.s. Errechnet aus ± (% angezeigter Wert (rdg.)+ % Messbereich (f.s.)) ; 23 ± 2° C für 1 Jahr				
Range	20 Hz-1 kHz	1-10 kHz	10-50 kHz	50-100 kHz	100-300 kHz
0,1 V	0,1+0,08	5+0,5(5kHz)			
1,0 V	0,08+0,08	0,15+0,08	0,3+0,1	0,8+0,15	7+0,15
10,0 V	0,08+0,08	0,1+0,08	0,3+0,1	0,8+0,15	4+0,15
100,0 V	0,08+0,08	0,1+0,08	0,3+0,1	0,8+0,15	
600,0 V	0,08+0,08	0,1+0,08			

Temperaturkoeffizient 10...21° C und 25...40° C; (% rdg. + % f.s.)	
bei 20 Hz – 10 kHz:	0,01 + 0,008
bei 10 kHz – 100 kHz:	0,08 + 0,010
Crestfaktor:	7:1 (max. 5 x Messbereich)
Integrationszeit:	0,1 sec 1 to 60 sec
Messbereichende:	120,000 Digit 1.200,000 Digit
600 V range:	600,00 Digit 600,000 Digit
Auflösung:	1 µV 100 nV
Überlastschutz:	
(V/Ω-HI gegen V/Ω-LO) und gegen Gehäuse:	
Messbereiche:	alle
andauernd	850 V _{Spitze} oder 600 V _{DC}
Max. Eingangsspannung	
Masse gegen Gehäuse:	250 V _{eff} bei max. 60 Hz oder 250 V _{DC}

Strom

Messbereiche:	100 µA; 1 mA; 10 mA; 100 mA; 1 A		
Integrationszeit:	0,1 sec	1 bis 60 sec	
Messbereichende:	120,000 Digit	1.200,000 Digit	
1 A Bereich:	100,000 Digit	1.000,000 Digit	
Auflösung:	1 nA	100 pA	
Genauigkeit:	DC	45 Hz – 1 kHz	1 kHz – 5 kHz
(1 Jahr; 23 ± 2° C)	0,02 + 0,002	0,1 + 0,08	0,2 + 0,08
Temperaturkoeffizient /°C:	10...21° C	25...40° C	
(%rdg. + %f.s.)	0,002+ 0,001	0,01+ 0,01	
Bürde:	< 600 mV bis 1,5 V		
Einschwingzeit:	1,5 sec bis 0,1% vom Messwert		
Crestfaktor:	7:1 (max 5 x Messbereich)		
Eingangsschutz:	Sicherung, FF 1 A 250V		

Widerstand

Messbereiche:	100 Ω, 1 kΩ, 10 kΩ, 100 kΩ, 1 MΩ, 10 MΩ	
Integrationszeit:	0,1 sec	1 bis 60 sec
Messbereichende:	120,000 Digit	1.200,000 Digit
Auflösung:	1 mΩ	100 µΩ
Genauigkeit:	Errechnet aus ±(%rdg. + %f.s.)	

	1 Jahr; 23 ± 2° C		Temp. Koeffizient /°C	
Messbereich	%rdg.	%f.s.	10...21° C	25...40° C
100 Ω	0,005	0,0015	0,0008	0,0008
1 kΩ	0,005	0,001	0,0008	0,0008
10 kΩ	0,005	0,001	0,0008	0,0008
100 kΩ	0,005	0,001	0,0008	0,0008
1 MΩ	0,05	0,002	0,002	0,002
10 MΩ	0,5	0,02	0,01	0,01

Mess-Strom:	Bereich	Strom
	100 Ω, 1 kΩ	1 mA
	10 kΩ	100 µA
	100 kΩ	100 µA
	1 MΩ	1 µA
	10 MΩ	100 nA
max. Messspannung:	ca. 3 V	
Überlastschutz:	250 V _s	

Temperaturmessung

PT100 / PT1000 (EN60751):	2- und 4-Draht Messung
Messbereich:	-200° C bis + 800° C
Auflösung:	0,01° C; Messstrom 1 mA
Toleranz:	± (0,05° C + Messfühler toleranz + 0,08 K)
Temperaturkoeffizient	
	10...21° C und 25...40° C: < 0,0018° C/° C
NiCr-Ni (K-Typ)	
Messbereich:	-270° C bis +1372° C
Auflösung:	0,1° C
Toleranz:	± (0,7 % rdg. + 0,3 K)
NiCr-Ni (J-Typ)	
Messbereich:	-210° C bis +1200° C
Auflösung:	0,1° C
Toleranz:	± (0,7 % rdg. + 0,3 K)

Frequenzmessung und Periodendauer

Messbereich:	1 Hz bis 100 kHz
Auflösung:	0,00001 Hz bis 1 Hz
Genauigkeit:	0,05 % (rdg.)
Messzeit:	1 bis 2 sec.

Interface

RS-232 serienmäßig:	9600 oder 19200 Baud
Funktionen:	Steuerung / Datenabfrage
Eingangsdaten:	Messfunktion, Messbereich, Integrationszeit, Startbefehl
Ausgangsdaten:	Messwerte, Messfunktion, Messbereich, Integrationszeit (10 ms bis 60 s)

Verschiedenes

Messpausen Bereichs- oder Funktionswechsel	ca. 125 ms bei Gleichspannung, Gleichstrom, Widerstand ca. 1 sec. bei Wechselspannung, Wechselstrom
Speicher:	30.000 Messungen/128 kB
Schutzart:	Schutzklasse I (EN 61010)
Netzanschluss:	105-254 V~; 50/60 Hz
Leistungsaufnahme:	ca. 8 W
Betriebsbedingungen:	+10°...+40° C
Lagertemperatur:	-40° to +70° C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	< 75% (ohne Kondensation)
Gehäuse (B x H x T):	285 x 75 x 365 mm
Gewicht:	ca. 3 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung, HZ15 Messleitung, Schnittstellenkabel
Optionales Zubehör: HZ887 Temperaturmesssonde (PT100; -50° C bis +400° C), HZ42 19" Einbausatz 2HE, HZ10 Silikonummüllte Messleitung

8 kW Leistungs-Messgerät HM8115-2

Produkt siehe Seite 57

Spannung		Echteeffektivwert (AC+DC)		
Messbereiche:	50 V	150 V	500 V	
Auflösung:	0,1 V	1 V	1 V	
Genauigkeit:	20 Hz – 1 kHz: $\pm(0,4\% + 5 \text{ Digit})$ DC: $\pm(0,6\% + 5 \text{ Digit})$			
Eingangsimpedanz:	1 M Ω 100 pF			
Crestfaktor:	max. 3,5 am Messbereichende			
Eingangsschutz:	500 V _S			

Strom		Echteeffektivwert (AC+DC)		
Messbereiche:	160 mA	1,6 A	16 A	
Auflösung:	1 mA	1 mA	10 mA	
Genauigkeit:	20 Hz – 1 kHz: $\pm(0,4\% + 5 \text{ Digit})$ DC: $\pm(0,6\% + 5 \text{ Digit})$			
Crestfaktor:	max. 4 am Messbereichende			
Eingangsschutz Input:	Sicherung 16 A Superflink (FF), 6,3 x 32 mm			

Wirkleistung								
Messbereiche:	8 W	24 W	80 W	240 W	800 W	2400 W	8000 W	
Auflösung:	1 mW	10 mW	10 mW	100 mW	100 mW	1 W	1 W	
Genauigkeit:	20 Hz - 1 kHz: $\pm(0,5\% + 10 \text{ Digit})$ DC: $\pm(0,5\% + 10 \text{ Digit})$							
Anzeige:	4stellig, 7-Segment LED							

Blindleistung								
Messbereiche:	8 var	24 var	80 var	240/800 var	2400/ 8000 var			
Auflösung:	1 mvar	10 mvar	10 mvar	100 mvar	100 mvar	1 var		
Genauigkeit:	20 Hz – 400 Hz: $\pm(2,5\% + 10 \text{ Digit} + 0,02 \times P)$ P = Wirkleistung							
Anzeige:	4 stellig, 7-Segment LED							

Scheinleistung								
Messbereiche:	8 VA	24 VA	80 VA	240/800 VA	2400/8000 VA			
Auflösung:	1 mVA	10 mVA	10 mVA	100 mVA	100 mVA	1 VA		
Genauigkeit:	20 Hz – 1 kHz: $\pm(0,8\% + 5 \text{ Digit})$							
Anzeige:	4 stellig, 7-Segment LED							

Leistungsfaktor								
Anzeige:	0,00 bis +1,00							
Genauigkeit:	50 Hz-60 Hz: $\pm(2\% + 3 \text{ Digits})$ (Sinuskurve) Spannung und Strom > 1/10 v. Messbereich							

Monitorausgang (analog)								
Anschluss:	BNC- Buchse (galvanische Trennung v. Messkreis und RS-232 Schnittstelle)							
Bezugspotenzial:	Schutzleiteranschluss							
Pegel:	1 V _{AC} bei Bereichende (2400/8000 Digits)							
Genauigkeit:	typ. 5%							
Ausgangsimpedanz:	ca. 10 k Ω							
Bandbreite:	DC bis 1 kHz							
Fremdspannungsschutz:	$\pm 30 \text{ V}$							

Bedienung / Anzeigen								
Messfunktionen:	Spannung, Strom, Leistung, Leistungsfaktor							
Messbereichswahl:	automatisch / manuell							
Überlaufanzeige:	optisch, akustisch							
Anzeigeauflösung								
Spannung:	3-stellig, 7-Segment LED							
Strom:	4-stellig, 7-Segment LED							
Leistung:	4-stellig, 7-Segment LED							
Leistungsfaktor:	3-stellig, 7-Segment LED							

Serielle Schnittstelle								
Anschluss:	D-Sub-Buchse (galvanische Trennung v. Messkreis und Monitorausgang)							
Typ:	RS-232 (3 Leitungen)							
Protokoll:	Xon / Xoff							
Übertragungsraten:	9600 Baud							
Funktionen:	Steuerung / Datenabfrage							

Verschiedenes								
Schutzart:	Schutzklasse I (EN 61010)							
Netzanschluss:	115/230 V $\pm 10\%$, 50/60 Hz							
Leistungsaufnahme:	ca. 15 W bei 50 Hz							
Betriebsbedingungen:	0°...+40° C							
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	< 80 % (ohne Kondensation)							
Gehäuse (B x H x T):	285 x 75 x 365 mm							
Gewicht:	ca. 4 kg							

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ10 Silikonummüllte Messleitung, HZ815 Netzadapter

2,6 GHz Universalzähler HM8123

Produkt siehe Seite 58

Eingangskarakteristik (Eingang A, B)

Frequenzbereich:		
0 – 200 MHz	(DC-gekoppelt)	
10 Hz – 200 MHz	(1 MΩ, AC-gekoppelt)	
500 kHz – 200 MHz	(50 Ω, AC-gekoppelt)	
Eingangsimpedanz:	1 MΩ 30 pF oder 50 Ω (umschaltbar)	
Eingangsteiler:	1:1, 1:10, 1:100 (wählbar)	
Empfindlichkeit: (normale Triggerung)		
0 bis 80 MHz	20 mV _{eff} (Sinus), 80 mV _{SS} (Puls)	
80 MHz bis 200 MHz	60 mV _{eff} (Sinus)	
20 Hz bis 80 MHz	50 mV _{eff} (Sinus, Auto Trigger)	
Trigger (programmierbar per Drehregler oder Software)		
Eingangsteiler:	Trigger-Pegel:	Auflösung:
1:1	0 bis ± 2 V	1 mV
1:10	0 bis ± 20 V	10 mV
1:100	0 bis ± 200 V	100 mV
Max. Eingangsspannung:		
Eingang 1 MΩ:	250 V (DC + AC _{Spitze}) von 0 bis 440 Hz abnehmend bis 8 V _{eff} bei 1 MHz	
Eingang 50 Ω:	5 V _{eff}	
Minimale Impulsbreite:	<5 ns für Einzelimpuls	
Eingangsrauschen:	(typ.) 100 µV	
Auto Trigger (AC-Kopplung):	Triggerung bei 50 % des Spitze-Spitze Wertes	
Triggerflanke:	Positiv oder negativ	
Filter:	100 kHz Tiefpassfilter (wählbar)	

Eingangskarakteristik (Eingang C)

Frequenzbereich:	100 MHz - 2,6 GHz	
Eingangsempfindlichkeit:	bis zu 1 GHz:	30 mV _{eff} (typ. 20 mV _{eff})
	1 GHz-2,6 GHz:	100 mV _{eff} (typ. 80 mV _{eff})
Eingangsimpedanz:	50 Ω nominal	
Max. Eingangsspannung:	5 V (DC + AC _{Spitze})	

Eingangskarakteristik

	External Reset	Reference	Gate/Arming
Eingangsimpedanz:	5 kΩ	500 Ω	5 kΩ
Max. Eingangsspg.:	± 30 V	± 20 V	± 30 V
Eingangsempfindl.:	-	typ. 2 V _{SS}	-
High Pegel:	> 2 V	-	> 2 V
Low Pegel:	< 0,5 V	-	< 0,5 V
Min. Impulsdauer:	200 ns	-	50 ns
Eingangsfrequenz:	-	10 MHz	-
Min. eff. Torzeit:	-	-	20 µs

Messfunktionen

Frequenz A/B/C; Periodendauer A, Ereigniszählung A, Drehzahl A, Frequenzverhältnis A:B, Zeitintervall A:B, Impulsbreite A, Ereigniszählung A während B, Zeitintervall A:B (Mittelwert), Phase A zu B, Burst-Messungen

Frequenzmessung (Eingang A, B, C)

Frequenzbereich:	0 bis 200 MHz (2,6 GHz)
LSD:	(1,25 x 10 ⁻⁸ s x Frequenz) / Messzeit
Auflösung:	± 1 oder 2 LSD
Genauigkeit:	± (Auflösung / Frequenz ± Zeitbasisungenaugkeit ± Triggerfehler / Messzeit)

Periodendauermessung

Bereich:	10000 sec. bis 5 ns
LSD:	(1,25 x 10 ⁻⁸ s x Periode) / Messzeit
Auflösung:	1 oder 2 LSD
Genauigkeit:	± Auflösung / Periode ± (Triggerfehler B / Messzeit)

Ereigniszählung A

	(manuelle Steuerung)	(ext. Steuerung)
Bereich:	0 – 200 MHz	0 – 200 MHz
Min. Impulsdauer:	10 ns	10 ns
LSD:	1 Ereignis	± 1 Ereignis
Auflösung:	LSD	LSD

Genauigkeit:	(Auflösung ± ext. Torzeitfehler x Frequenz A) / Ergebnis	
Impulsauflösung:	10 ns	10 ns
Ext. Gate-Fehler:	-	100 ns

Zeitintervall / Zeitintervall Mittelwert

(Eingang A = Start; Eingang B = Stop)

LSD:	10 ns (10 ns bis 1 ps im „Average“-Betrieb)	
Auflösung:	1 LSD (1 oder 2 im „Average“-Betrieb)	
Genauigkeit:	± (Auflösung + Triggerfehler + System-Fehler) / Zeitintervall ± Zeitbasisungenaugkeit (System-Fehler: ≤ 4 ns)	
Anzahl der Mittelwerte:	N = 1-25	LSD = 10 ns
	N = 26-2500	LSD = 1 ns
	N = 2501-250000	LSD = 100 ps
	N = 250001 – 25000000	LSD = 10 ps
	N = > 25000000	LSD = 1 ps

Drehzahlmessung

NPR¹⁾ Voreinstellung:	1 – 65535 Impulse pro Umdrehung
Torzeit:	330 ms fest
LSD:	7,5 x 10 ⁻⁸ x Drehzahl
Auflösung:	1 oder 2 LSD
Genauigkeit:	Auflösung/RPM ± (Triggerfehler / 0,33) ± Zeitbasisfehler

Offset-Einstellung

Bereich:	Umfasst den gesamten Messbereich
Resolution:	Gleiche Auflösung wie bei normalen Messungen.
	Wird im Offset-Betrieb die Torzeit verändert, ergibt sich die Auflösung der Referenzmessung oder die der aktuellen Messung (je nach dem, welche die Ungenauere ist).

Torzeit

Bereich:	1 ms – 65 sec.
Auflösung:	1 ms
Externe Torzeit:	min. 20 µs

Zeitbasis

Frequenz:	200 MHz Takt; 10 MHz Quarz
Stabilität:	± 2 x 10 ⁻⁷ zwischen +10° C und +40° C
Alterung:	< 0,27 ppm pro Monat, 0,05 ppm pro Tag
Ext. Referenz:	10 MHz ± 20 ppm

Verschiedenes

Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Anzeige:	LCD Anzeige (83 x 21 mm)
Netzanschluss:	115/230 V ± 10 %, 45-60 Hz, 40 VA
Betriebsbedingungen:	+10° C bis +40° C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	10 %-90 % (ohne Kondensation), 5 %-95 % RH
Gehäuse (B x H x T):	285 x 75 x 365 mm
Gewicht:	ca. 4 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

¹⁾ NPR= Anzahl der Impulse pro Umdrehung

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ10 Silikonumhüllte Messleitung, HZ42 19" Einbaustück ZHE, HZ33/34 Messkabel, HZ24 Dämpfungsglieder 50 Ω, HZ20 Adapterstecker

10 MHz Funktionsgenerator HM8130

Produkt siehe Seite 59

Frequenz	
Bereich:	10 mHz bis 10 MHz
Auflösung:	5 Digit, max. 10 mHz
Anzeige:	5-stellig; LED
Genauigkeit:	± (1 Digit + 5 mHz)
Temperaturkoeffizient:	0,5 ppm/°C
Alterung:	2 ppm/Jahr
Signalformen	
Sinus	
Frequenzbereich:	10 mHz bis 10 MHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Klirrfaktor:	bis 500 kHz: < 0,5 % 500 kHz-3 MHz: < 1 % 3 MHz-10 MHz: < 3 %
Rechteck	
Frequenzbereich:	10 mHz bis 10 MHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Anstiegs-/Abfallzeit:	< 10 ns
Überschwingen:	< 5 % (U _{Aus} ≥ 200 mV)
Symmetrie:	50 % ± (5 % + 10 ns)
Impuls	
Frequenzbereich:	10 mHz bis 5 MHz
Amplitude:	0...+10V bzw. 0...-10V
Anstiegs-/Abfallzeit:	< 10 ns
Impulsbreite:	100 ns bis 80 s
Tastverhältnis:	max. 80 %
Sägezahn	
Frequenzbereich:	10 mHz bis 500 kHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Linearität:	besser als 1 %
Dreieck	
Frequenzbereich:	10 mHz bis 2 MHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Linearität:	besser als 1 %
Arbitrary-Generator	
Frequenzbereich:	10 mHz bis 100 kHz
Amplitude:	max. 20 V _{SS} (Leerlauf)
Abtastrate:	40 MSa/s
Auflösung:	X: 1024 (10 bit); Y: 4096 (12 bit)
Eingänge	
Gate/Trigger:	(BNC-Buchse)
Impedanz:	5 kΩ 100 pF; geschützt bis ±30 V
AM-IN:	Amplitudenmodulation, BNC-Buchse
Impedanz:	10 kΩ; geschützt bis ±30 V
Ausgänge	
Signalausgang:	(BNC-Buchse) kurzschlussfest; Fremdspannung max. ±15V
Impedanz:	50 Ω
Ausgangsspannung:	Bereich 1: 2,1 - 20 V _{SS} (Leerlauf) Bereich 2: 0,21 - 2,0 V _{SS} (Leerlauf) Bereich 3: 20 - 200 mV _{SS} (Leerlauf)
Auflösung:	Bereich 1: 100 mV Bereich 2: 10 mV Bereich 3: 1 mV
Einstellgenauigkeit: (1kHz)	Bereich 1: ±2 % Bereich 2: ±3 % Bereich 3: ±4 % für Impuls u. Rechteck zusätzlich 3 %
Frequenzgang:	< 100 kHz: ±0,2 dB 100 kHz - 2 MHz: ±0,5 dB 2 MHz - 10 MHz: ±0,5 dB / -3 dB
Offset-Fehler:	±50 mV (Bereich 3)
Anzeige:	2½ Stellen (LED)

DC-Offset		
Ausgangsspannung:	Bereich 1:	-7,5...+7,5V (Leerl.)
	Bereich 2:	-0,75...+0,75V (Leerl.)
	Bereich 3:	-75...+75 mV (Leerl.)

Trigger-Ausgang (BNC-Buchse)	
Sägezahn:	0 bis 5V (Wobbelausgang)
Pegel:	5V/TTL
Ausgangsimpedanz:	1 kΩ

Sweep (intern)	
Wahl der Anfangs- und Endfrequenz	
Interne Wobbelzeit:	alle Signalformen
Wobbelzeit:	linear von 20 ms bis 100 s kontinuierlich oder getriggert (ext. Signal, Interface)

Amplitudenmodulation:	
Modulation über externes Signal	
Modulationsgrad:	0 bis 100 %
Bandbreite:	DC - 20 kHz (-3 dB)

Gate (asynchron)	
Modulation ein/aus über externes TTL-Signal	
Verzögerungszeit:	< 150 ns
Eingangssignal:	TTL

Trigger-Funktion (synchron)	
Burst-Betrieb über ext. Trigger-Eingang od. Interface	
Frequenzbereich:	< 500 kHz

Verschiedenes	
Speicher:	für letzte Geräteeinstellung sowie für 8 Arbitrary Signale
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Netzanschluss:	115/230V ± 10 %; 50/60 Hz
Leistungsaufnahme:	ca. 20 Watt
Betriebsbedingungen:	+10 °C bis +40 °C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	10 % - 90 % (ohne Kondensation)
Gehäuse (B x H x T):	285 x 75 x 365 mm
Gewicht:	ca. 5 kg

Bei 23 °C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ10 Silikonummüllte Messleitung, HZ33/HZ34 50 Ω Messkabel BNC-BNC, HZ24 Satz Dämpfungsglieder 3/6/10 und 20 dB, HZ42 19" Einbausatz 2HE, HZ20 Adapterstecker

15 MHz Arbitrary Funktionsgenerator HM8131-2

Produkt siehe Seite 60

Frequenzspezifikationen

Bereich:	100 µHz bis 15 MHz
Auflösung:	100 µHz; 100 mHz (Wobbelbetrieb)
Anzeige:	< 10 ms (ohne Bandwechsel) < 60 ms (mit Bandwechsel)
Genauigkeit:	Standardoszillator: $\pm(10 \text{ ppm} \times \text{Freq.} + 30 \text{ } \mu\text{Hz})$ TCXO (Option H086): $\pm(0,5 \text{ ppm} \times \text{Freq.} + 30 \text{ } \mu\text{Hz})$ HM8125 (ext. Referenzfrequenz): $\pm 30 \text{ } \mu\text{Hz}$
Temperaturkoeff.:	Standardoszillator: 2 ppm/°C TCXO (Option H086): 0,5 ppm/Jahr
Alterung:	Standardoszillator: 10 ppm/Jahr TCXO (Option H086): 2 ppm/Jahr

Signalformen Sinus

Frequenzbereich:	100 µHz bis 15 MHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Klirrfaktor:	10 Hz bis 20 kHz: < 0,1% 20 kHz-3 MHz: < 1% 3 MHz-15 MHz: < 3%
Nichtharmonische Verzerrung:	100 µHz-1 MHz: < -65 dBc 1 MHz-15 MHz: < -(65 dBc + 6 dBc/Octave)
Phasenrauschen:	< -90 dBc/√Hz (0 dBm, 1 kHz v. Träger)

Rechteck

Frequenzbereich:	100 µHz bis 15 MHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Anstiegs-/Abfallzeit:	< 10 ns
Überschwingen:	< 5% (U _{AUS} ≤ 200 mV)
Symmetrie:	50% ±(5%+10 ns)

Sägezahn

Frequenzbereich:	100 µHz bis 100 kHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Linearität:	besser als 1% (< 100 kHz)
Polarität:	positiv/negativ
Anstiegs-/Abfallzeit:	45 ns

Dreieck

Frequenzbereich:	100 µHz bis 1 MHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Linearität:	besser als 1% (< 100 kHz)

Rauschen

Weißes Rauschen:	Bandbreite 10 MHz
Rosa Rauschen:	Bandbreite 100 kHz

Arbitrary

Frequenzbereich:	100 µHz bis 10 MHz
Amplitude:	max. 20 V _{SS} (Leerlauf)
Ausgaberate:	40 MSa/s
Auflösung:	12 bit (Amplitude)
Filter:	Bessel, 7. Ord. b=10 MHz
Speicher:	1x 4 K-Worte nicht flüchtig 1x 16 K-Worte flüchtig
Jitter:	< 25 ns

Eingänge

Gate/Trigger	
Impedanz:	5 kΩ 100 pF (geschützt bis 30 V)
Amplitudenmodulation	
Impedanz:	1 kΩ (geschützt bis ±30 V)
Externe Referenz	
Frequenz:	10 MHz ± 2 ppm
Eingangsspannung:	1 V _{eff}
Impedanz:	500 Ω (geschützt bis ±30 V)

Ausgänge

Signal Ausgang:	BNC-Buchse; kurzschlussfest Fremdspg. max. ±15 V f. 30 s.
Impedanz:	50 Ω
Ausgangsspannung:	Bereich 1: 2,1 - 20 V _{SS} (Leerlauf) Bereich 2: 0,21 - 2,0 V _{SS} (Leerlauf) Bereich 3: 20 - 200 mV _{SS} (Leerlauf)
Auflösung:	3½ digit (100/10/1 mV) Anzeige V _{SS} od. RMS (außer Arbitrary)

Einstellgenauigkeit:	Sinus 1 kHz: $\pm(1\% \times \text{Amplitude} + 5 \text{ digit})$ Rechteck 1 kHz: $\pm(3\% \times \text{Amplitude} + 5 \text{ digit})$
Frequenzgang:	< 100 kHz: $\pm 0,2 \text{ dB}$ 100 kHz - 1 MHz: $\pm 0,3 \text{ dB}$ 1 MHz - 15 MHz: $\pm 0,5 \text{ dB}$
Temperaturstabilität:	$\pm 0,1\% / ^\circ\text{C}$

Trigger-Ausgang	BNC-Buchse, kurzschlussfest
Pegel:	5V/TTL
Sägezahnausgang	
Spannungsverlauf:	0-5V; synchron zum Sweep
Impedanz:	1 kΩ

DC-Offset

Ausgangsspannung:	Bereich 1: -5V... +5V (Leerlauf) Bereich 2: -0,5V... +0,5V (Leerlauf) Bereich 3: -50 mV + 50 mV (Leerlauf)
Auflösung:	3 digit
Genauigkeit:	$\pm(1\% \times \text{Offsetspg.} + 5 \text{ digit})$
Temperaturstabilität:	$\pm 0,1\% / ^\circ\text{C}$

Phase

Bereich:	0 - 359,9°
Auflösung:	0,1°
Bezug:	abfallende Flanke des Sync.-Signals
Jitter:	< 25 ns
Genauigkeit:	außer Rechteck: $\pm(0,1 + \text{Freq.}/\text{Hz} \times 10^{-4})$ Grad Rechteck: $\pm(5 + \text{Freq.}/\text{Hz} \times 30 \times 10^{-4})$ Grad

Sweep (intern)

Interne Wobbelung:	alle Signalformen linear oder log.
Bereiche:	100 mHz bis max. Signalfrequenz Wahl der Anfangs- und Endfrequenz
Wobbelzeit:	von 10 ms bis 40 s kontinuierlich oder getriggert (ext. Signal, Frontplattentastatur, Interface)

Modulation

FSK / PSK:	alle Signale
Frequenzbereich:	100 µHz bis max. Frequenz
Triggerung:	durch externes Signal
Mindestdauer:	25 µs
Verzögerung:	PSK: typ. 10 µs FSK: typ. 15 µs

Amplitudenmodulation

Modulationsquelle:	intern oder extern
Modulationsgrad:	0 bis 100%
Bandbreite:	DC - 20 kHz (-3 dB)
Trägerfrequenz:	100 µHz bis max. Signalfrequenz
Genauigkeit:	$\pm(5\% \text{ der Anzeige} + 2\%)$
Interne Modulation:	1 kHz Sinus
Externe Modulation:	20 Hz - 20 kHz
Gate:	(asynchron)
Verzögerungszeit:	< 150 ns
Eingangssignal:	TTL
Triggerfunktion:	(synchron)
Frequenzbereich:	< 500 kHz
Burst-Betrieb über ext. Trigger oder Interface	

Verschiedenes

Opt. Memory-Card:	PCMCIA II-Format bis 1 MB zur Speicherung von bis zu 16 ARB-Signalen
Speicher:	10 für Geräteeinstellung; 1 f. Speicherung von ARB-Signalen
RS-232:	Schnittstelle eingebaut
Schutzart:	Schutzklasse I (EN 61010-1)
Netzanschluss:	115/230 V ± 10%, 50/60 Hz
Leistungsaufnahme:	ca. 30 VA
Betriebsbedingungen:	+10 °C bis +40 °C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	10 %-90 % (ohne Kondensation)
Gehäuse (B x H x T):	285 x 75 x 365 mm
Gewicht:	ca. 5 kg

Bei 23°C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ33/HZ34 50 Ω Messkabel BNC-BNC, H0831 Memory Card 1 MB, HZ10 Silikonumhüllte Messleitung, HZ20 Adapterstecker

1,2 GHz HF-Synthesizer HM8134-3

Produkt siehe Seite 61

Frequenz

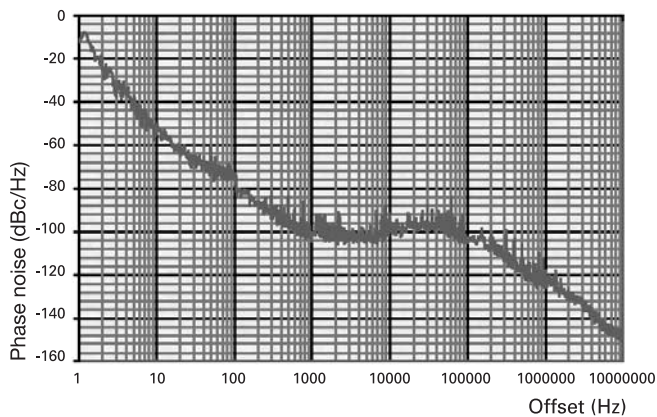
Bereich:	1 Hz bis 1200 MHz
Auflösung:	1 Hz
Umschaltzeit:	< 10 ms

10 MHz - Referenz

Standard:	TCXO
Stabilität (0 bis 50° C):	≤ ±0,5 ppm
Alterung:	≤ ±1 ppm/Jahr
Option: OCXO (HO85)	
Stabilität:	≤ ±1.10 ⁻⁸
Alterung:	≤ ±5.10 ⁻⁹ /Tag
Ausgang (interne Referenz):	[Geräterückseite]
Pegel:	TTL
Eingang (externe Referenz):	[Geräterückseite]
Pegel:	> 0 dBm

Spektrale Reinheit (ohne Modulation)

Harmonische:	≤ - 35 dBc
Unharmonische:	≤ - 55 dBc (> 15 kHz vom Träger)
Phasenrauschen:	(bei 20 kHz vom Träger)
< 16 MHz:	≤ - 120 dBc/Hz
16 bis 250 MHz:	≤ - 95 dBc/Hz
250 bis 500 MHz:	≤ - 105 dBc/Hz
500 bis 1000 MHz:	≤ - 100 dBc/Hz
1000 bis 1200MHz:	≤ - 95 dBc/Hz



(Typisches Phasenrauschen bei 1 GHz)

Ausgangspegel

Bereich:	- 127 bis + 13 dBm
Auflösung:	0,1 dB
Fehler:	≤ ± 0,5 dB (Für Pegel > - 57 dBm)
Impedanz:	50 Ω
Stehwellenverhältnis:	≤ 1 : 1,5

Modulationsquellen

Intern:	10 Hz - 150 kHz Sinus, 10 Hz - 20 kHz Rechteck, Dreieck, Sägezahn
Auflösung:	10 Hz
Extern:	(Eingang frontseitig)
Impedanz:	10 kΩ 50 pF
Eingangspegel:	2 V _{eff} für Bereichsendwert
Kopplung:	AC oder DC
Ausgang (frontseitig):	Impedanz: 1 kΩ Pegel: 2 V _{eff}

Amplitudenmodulation (Pegel ≤ + 7 dBm)

Quelle:	intern oder extern
Modulationsgrad:	0 bis 100 %
Auflösung:	0,1 %
Genauigkeit:	± 4 % des angezeigten Wertes ± 0,5 % (AM-Grad: ≤ 80 % und f _{mod} ≤ 1 kHz)

Ext. Frequenzgang (bis - 1 dB): 10 Hz bis 50 kHz bei AC

Verzerrungen:	< 2 % (AM-Grad: ≤ 60 %; f _{mod} ≤ 1 kHz)
	< 6 % (AM-Grad: ≤ 80 %; f _{mod} : 10 Hz bis 50 kHz)

Frequenzmodulation

Quelle:	intern oder extern
Hub:	± 200 Hz bis 400 kHz (abhängig vom Frequenzband)
Auflösung:	100 Hz
Genauigkeit:	f _{mod} < 5 kHz: ±(3% + res. FM) f _{mod} > 5 kHz: ±(7% + res. FM)

Ext. Frequenzgang: (bis - 1 dB)

DC - Kopplung:	0 bis 150 kHz
AC - Kopplung:	10 Hz bis 150 kHz
Verzerrungen:	< 3 % für Hub ≥ 10 kHz bei 1 kHz

Phasenmodulation

Quelle:	intern oder extern
Hub:	< 16 MHz: 0 bis 3,14 rad > 16 MHz: 0 bis 10 rad
Auflösung:	0,01 rad
Genauigkeit:	± 5 % bis 1 kHz + residual PM
Ext. Frequenzgang: (bis - 1 dB)	

DC - Kopplung:	0 bis 150 kHz
AC - Kopplung:	10 Hz bis 150 kHz
Verzerrungen:	< 3 % bei f _{mod} = 1 kHz und Hub = 10 rad

FSK - Modulation

Bereich:	16 bis 1200 MHz
Betriebsart:	2 FSK - Ebenen
Datenquelle:	extern
Max. Rate:	10 kbit/s
Shift F1-F0:	0 bis 10 MHz
Auflösung:	100 Hz
Genauigkeit:	siehe unter FM

PSK - Modulation

Bereich:	16 bis 1200 MHz
Betriebsart:	2 PSK - Ebenen
Datenquelle:	extern
Max. Rate:	10 kbit/s
Shift Ph1 - Ph0:	< 16 MHz: 0 bis ± 3,14 rad > 16 MHz: 0 bis ± 10 rad
Auflösung:	0,01 rad
Genauigkeit:	siehe unter PM

Pulsmodulation

Quelle:	extern (Geräterückseite)
Dynamikumfang:	> 60 dB
Anstiegs-/Abfallzeiten:	< 200 ns
Verzögerung:	< 100 ns
Max. Frequenz:	2,5 MHz
Eingangspegel:	TTL

Wobbelbetrieb

Bereich:	16 MHz bis 1200 MHz
Tiefe:	500 Hz bis 1184 MHz
Wobbelzeit:	20 ms to 5 s
Trigger:	intern

Schutzfunktionen

Der Generator ist gegen Einspeisung in den HF-Ausgang bis zu 1 W aus 50 Ω sowie gegen DC bis ± 7 V geschützt. Die Schutzschaltung trennt den Ausgang ab, dieser muß vom Benutzer wieder aktiviert werden.

Verschiedenes

Schnittstelle:	RS-232, 9-pole D-sub
Konfigurationsspeicher:	10
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Netzanschluss:	115/230V ± 10 %, 50/60 Hz
Leistungsaufnahme:	ca. 40 VA
Betriebsbedingungen:	+ 10 bis + 40 °C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	10 to 90 % (ohne Kondensation)
Gehäuse (B x H x T):	285 x 75 x 365 mm
Gewicht:	ca. 5 kg
	Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ33/34 Messkabel 50 Ω, HZ21 Adapterstecker, HZ42 19" Einbausatz 2HE

3 GHz HF-Synthesizer HM8135

Produkt siehe Seite 62

Frequenz

Bereich:	1 Hz bis 3 GHz
Auflösung:	1 Hz
Umschaltzeit:	< 10 ms

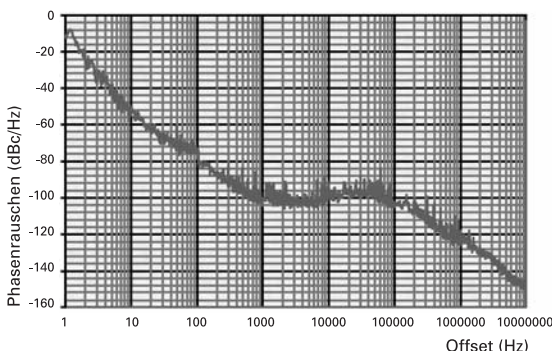
10 MHz - Referenz

Stabilität:	$\leq \pm 1 \times 10^{-8}$ (0 bis + 50° C)
Alterung:	$\leq \pm 5 \times 10^{-8}$ pro Jahr
Ausgang für interne Referenz (Rückwand):	
Pegel:	TTL
Eingang für externe Referenz (Rückwand):	
Pegel:	> 0 dBm
Frequenz:	10MHz

Spektrale Reinheit (ohne Modulation)

Harmonische:	≤ -40 dBc
Unharmonische:	≥ -60 dBc (> 15 kHz vom Träger)

Phasenrauschen: (bei 20 kHz vom Träger)	
< 16 MHz:	≤ -130 dBc/Hz
16 bis 250 MHz:	≤ -95 dBc/Hz
250 bis 500 MHz:	≤ -107 dBc/Hz
500 bis 1000 MHz:	≤ -101 dBc/Hz
1 bis 2 GHz:	≤ -95 dBc/Hz
2 bis 3 GHz:	≤ -90 dBc/Hz



(Typisches Phasenrauschen bei 1 GHz)

Ausgangspegel

Bereich:	-144 bis +13 dBm
Auflösung:	0,1 dB
Fehler:	$\leq \pm 0,5$ dB (Für Pegel > -57 dBm)
Impedanz:	50 Ω
Stehwellenverhältnis:	$\leq 1 : 1,5$

Modulationsquellen

Intern:	
10 Hz bis 300 kHz Sinus,	
10 Hz bis 100 kHz Rechteck, Dreieck, Sägezahn	
Auflösung: 10 Hz	
Extern: Eingang Frontplatte	
Impedanz:	10 k Ω
Eingangspegel:	2 V_{eff} für Bereichsendwert
Kopplung:	AC oder DC
Ausgang: Frontplatte	
Pegel:	2 V_{eff}
Impedanz:	1 k Ω

Amplitudenmodulation (Pegel $\leq +7$ dBm)

Quelle:	intern oder extern
Modulationsgrad:	0 bis 100 %
Auflösung:	0,1 %
Genauigkeit:	± 4 % des angezeigten Wertes $\pm 0,5$ % [AM-Grad ≤ 80 % und $f_{mod} \leq 1$ kHz]
Ext. Frequenzgang (bis -1 dB): 10 Hz bis 300 kHz bei AC	
Verzerrungen:	
< 2 % [AM-Grad ≤ 60 % und $f_{mod} \leq 1$ kHz]	
< 6 % [AM-Grad ≤ 80 %, f_{mod} : 10 Hz bis 100 kHz, Pegel + 7 dBm]	

Frequenzmodulation

Quelle:	intern oder extern
Hub:	± 200 Hz bis 400 kHz (abhängig vom Frequenzband)
Auflösung:	100 Hz
Genauigkeit:	± 5 % + restliche FM
Ext. Frequenzgang: (bis -1 dB)	
DC - Kopplung:	0 bis 300 kHz
AC - Kopplung:	10 Hz bis 300 kHz
Verzerrungen:	< 3 % für Hub ≥ 10 kHz bei 1 kHz

Phasenmodulation

Quelle:	intern oder extern
Hub:	< 16 MHz: 0 bis 3,14 rad > 16 MHz: 0 bis 10 rad
Auflösung:	0,01 rad
Genauigkeit:	± 5 % bis 1 kHz + restliche PM
Ext. Frequenzgang: (bis -1 dB)	
DC - Kopplung:	0 bis 300 kHz
AC - Kopplung:	10 Hz bis 300 kHz
Verzerrungen:	< 3 % bei $f_{mod} = 1$ kHz und Hub = 10 rad

FSK - Modulation

Bereich:	16 bis 3 GHz
Betriebsart:	2 FSK - Ebenen
Datenquelle:	extern
Max. Hub:	10 kbit/s
Shift F1-F0:	0 bis 10 MHz
Auflösung:	100 Hz
Genauigkeit:	siehe unter FM

PSK - Modulation

Bereich:	16 bis 3000 MHz
Betriebsart:	2 PSK - Ebenen
Datenrate:	extern
Max. Rate:	10 kbit/s
Shift Ph1 - Ph0:	< 20 MHz: 0 bis $\pm 3,14$ rad > 20 MHz: 0 bis ± 10 rad
Auflösung:	0,01 rad
Genauigkeit:	siehe unter PM

Pulsmodulation

Quelle:	extern (Geräterückseite)
Dynamikumfang:	> 60 dB
Anstiegs-/Abfallzeiten:	< 200 ns
Verzögerung:	< 100 ns
Max. Frequenz:	2,5 MHz
Eingangsspegel:	TTL

Wobbelbetrieb

Bereich:	16 MHz bis 3000 MHz
Tiefe:	500 Hz bis 2984 MHz
Wobbelzeit:	20 ms bis 5 s
Trigger:	intern

Schutzfunktionen

Der Generator ist gegen Einspeisung in den HF-Ausgang bis zu 1 W aus 50 Ω sowie gegen DC bis ± 7 V geschützt. Die Schutzschaltung trennt den Ausgang ab, dieser muß vom Benutzer wieder aktiviert werden.

Verschiedenes

Fernsteuerung:	über RS232 9-pole D-sub; USB
Konfigurationsspeicher:	10
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010)
Netzanschluss:	115/230 V ± 10 %, 50/60 Hz
Leistungsaufnahme:	ca. 40 VA
Betriebsbedingungen:	0 bis + 50° C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	10 bis 90 % (ohne Kondensation)
Gehäuse (B x H x T):	285 x 75 x 365 mm
Gewicht:	ca. 5 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ33/34 Messkabel 50 Ω , HZ21 Adapterstecker, HZ42 19" Einbausatz 2HE

Grundgerät HM8001-2

Produkt siehe Seite 72

Allgemeines

Gehäuse mit Netzteil und Raum für 2 Module

Modul-Versorgungsspannungen**2 x 8V~** mit je 0,5A belastbar**2 x 5V =** mit je 1 A belastbar**4 x 20V =** mit je 0,5A belastbarSpannungswerte zwischen 5V und 20V über Modul programmierbar.
(Polarität beliebig)**Entnehmbare Leistung:** für zwei Module max. 36 Watt
Alle Gleichspannungen sind elektronisch geregelt, massiefrei und kurzschlussfest.**Verschiedenes**

Netztaaste ein/aus zwischen beiden Modulen an der Vorderfront.

Schutzart: Schutzklasse I (EN61010-1)**Netzanschluss:** 115/230 V~ (50/60 Hz)Maximal zulässige Netzspannungsschwankung: $\pm 10\%$ **Leistungsaufnahme:** max. 110 W
Thermosicherung gegen Überlast**Betriebsbedingungen:** 0°C bis +40°C**Gehäuse (B x H x T):** 285 x 75 x 365 mm**Gewicht:** ca. 4 kg**Farbe:** techno-braun

Bei 23°C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Grundgerät HM8003

Produkt siehe Seite 73

Allgemeines

Gehäuse mit Netzteil und Raum für 1 Modul

Modul-Versorgungsspannungen**1 x 8V~** max. 0,5 A [5V Ausgang ohne Last]**1 x 5V =** max. 0,25 A [8V Ausgang ohne Last]**2 x 20V =** max. 0,275 ASpannungswerte zwischen 5V und 20V über Modul programmierbar.
(Polarität beliebig)**Entnehmbare Leistung:** max. 12 Watt**Verschiedenes****Schutzart:** Schutzklasse I (EN61010-1)**Netzanschluss:** 230 V $\pm 10\%$, 50/60 Hz**Leistungsaufnahme:** max. 40 W
(Thermosicherung gegen Überlast)**Betriebsbedingungen:** 0°C bis +40°C**Gehäuse (B x H x T):** 200 x 75 x 280 mm**Gewicht:** ca. 1,9 kg

Bei 23°C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

4 $\frac{3}{4}$ -Digit Multimeter HM8010 / HM8012

Produkt siehe Seite 74 / 75

Gleichspannung DC**Messbereiche:** 500 mV, 5 V, 50 V, 500 V, 600 V**Auflösung:** 10 μ V, 100 μ V, 1 mV, 10 mV, 100 mV**Genauigkeit:**5 V, 500 V, 600 V: $\pm(0,05\% \text{ v. Messwert} + 0,002\% \text{ v. Endwert})$ 500 mV, 50 V: $\pm(0,05\% \text{ v. Messwert} + 0,004\% \text{ v. Endwert})$ **Überlastschutz:**

V/Q/T°/dB/← gegen COM u. gegen Gehäuse:

850 V_S bei max. 60 Hz oder 600 V_{DC}COM gegen Gehäuse: 250 V_{eff} bei max. 60 Hz oder 250 V_{DC}**Eingangsimpedanz:**50 V, 500 V, 600 V: 10 M Ω || 90 pF500 mV, 5 V: > 1 G Ω || 90 pF**Eingangsstrom:** 10 A**Gleichtaktunterdrückung:** $\geq 100 \text{ dB}$ (50/60 Hz $\pm 0,5\%$)**Serientaktunterdrückung:** $\geq 60 \text{ dB}$ (50/60 Hz $\pm 0,5\%$)**dB Funktion****Genauigkeit:** $\pm(0,02 \text{ dB} + 2 \text{ Digits})$ (Anzeige > -38,7 dBm)**Auflösung:** 0,01 dB oberhalb 18 % v. Bereich**Gleichstrom DC****Messbereiche:** 500 μ A, 5 mA, 50 mA, 500 mA, 10 A**Auflösung:** 10 nA, 100 nA, 1 μ A, 10 μ A, 1 mA**Genauigkeit:**0,5-500 mA: $\pm(0,2\% \text{ v. Messwert} + 0,004\% \text{ v. Endwert})$ 10 A: $\pm(0,3\% \text{ v. Messwert} + 0,004\% \text{ v. Endwert})$ **Spannungsabfall:**

10 A Bereich: 0,2 V max.

500 mA Bereich: 2,5 V max.

andere Bereiche: 0,7 V max.

Wechselspannung AC**Messbereiche:** 500 mV, 5 V, 50 V, 500 V, 600 V**Auflösung:** 10 μ V, 100 mV, 1 mV, 10 mV, 100 mV**Genauigkeit 0,5-50 V:**40 Hz-5 kHz: $\pm(0,4\% \text{ v. Messwert} + 0,07\% \text{ v. Endwert})$ 20 Hz-20 kHz: $\pm(1\% \text{ v. Messwert} + 0,07\% \text{ v. Endwert})$ **Genauigkeit 500 V und 600 V:**40 Hz-1 kHz: $\pm(0,4\% \text{ v. Messwert} + 0,07\% \text{ v. Endwert})$ 20 Hz-1 kHz: $\pm(1\% \text{ v. Messwert} + 0,07\% \text{ v. Endwert})$ **Überlastschutz:**

V/Q/T°/dB/← gegen COM u. gegen Gehäuse:

850 V_S bei max. 60 Hz oder 600 V_{DC}COM gegen Gehäuse: 250 V_{eff} bei max. 60 Hz oder 250 V_{DC}**Eingangsimpedanz:**AC Betrieb: 1 M Ω || 90 pFAC + DC Betrieb: 10 M Ω || 90 pF**Bandbreite bei -3 dB:** 80 kHz typisch**dB Mode:** 20 Hz - 20 kHz**Genauigkeit:**-23,8 dBm bis 59,8 dBm: $\pm 0,2 \text{ dBm}$ **Auflösung:** 0,01 dB oberhalb 9 mV**Gleichtaktunterdrückung:** $\geq 60 \text{ dB}$ (50/60 Hz $\pm 0,5\%$)**Crestfaktor:** 7 max.**Wechselstrom AC****Messbereiche:** 500 μ A, 5 mA, 50 mA, 500 mA, 10 A**Auflösung:** 10 nA, 100 nA, 1 μ A, 10 μ A, 1 mA**Genauigkeit:**0,5 - 500 mA: $\pm(0,7\% \text{ v. Messwert} + 0,07\% \text{ v.E.})$ 40 Hz - 5 kHz10 A: $\pm(1\% \text{ v. Messwert} + 0,07\% \text{ v. Endwert})$ **AC + DC Messungen**

Wie bei AC + 25 Digits

Widerstand**Messbereiche:** 500 Ω , 5 k Ω , 50 k Ω , 500 k Ω , 5 M Ω , 50 M Ω **Auflösung:** 10 m Ω , 100 m Ω , 1 Ω , 10 Ω , 100 Ω , 1 k Ω **Genauigkeit:**500 Ω bis 500 k Ω : $\pm(0,05\% \text{ v. Messwert} + 0,004\% \text{ v.E.} + 50 \text{ m}\Omega)$

3 kW Leistungsmessgerät HM8015

Produkt siehe Seite 77

MessfunktionenSpannung, Strom, Wirk-, Blind-, Schein-Leistung und Leistungsfaktor
Bereichswahl: automatisch**Spannung (TRMS AC+DC)**

Bereiche:	50 V	150 V	300 V
Auflösung:	0,1 V	1 V	1 V
Genauigkeit:	± [0,6% + 5 Digits] DC bis 1 kHz		
Eingangsimpedanz:	1 MΩ 100 pF		
Crestfaktor:	max. 3,5 am Bereichsende		

Strom (TRMS AC + DC)

Bereiche:	0,16 A	1,6 A	10 A
Auflösung:	1 mA	1 mA	10 mA
Genauigkeit:	± [0,6% + 5 Digits] DC bis 1 kHz		
Eingangsimpedanz:	1 MΩ 100 pF		
Crestfaktor:	max. 4 am Bereichsende		
Eingangsschutz:	2x Feinsicherung FF 15A, 6,3 x 32 mm		

Wirkleistung

Bereiche:	8 W	24 W	48 W	80 W	240 W	480 W	500 W	1500 W	3000 W
Auflösung:	1 mW	10 mW	10 mW	10 mW	0,1 W	0,1 W	0,1 W	1 W	1 W
Genauigkeit:	± [0,7% + 5 Digits] DC bis 1 kHz								

Blindleistung

Bereiche:	8 var	24 var	48 var	80 var	240 var
Auflösung:	10 mvar	100 mvar	100 mvar	100 mvar	1 var
Bereiche:	480 var	500 var	1500 var	3000 var	
Auflösung:	1 var	1 var	10 var	10 var	
Genauigkeit:	± [2,5% + 10 Digits + 0,02 x Q] 20 Hz bis 400 Hz Q = Blindleistung				

Scheinleistung

Bereiche:	8 VA	24 VA	48 VA	80 VA	240 VA
Auflösung:	1 mVA	10 mVA	10 mVA	10 mVA	100 mVA
Bereiche:	480 VA	500 VA	1500 VA	3000 VA	
Auflösung:	100 mVA	100 mVA	1 VA	1 VA	
Genauigkeit:	± [0,9% + 5 Digits] 20 Hz bis 1 kHz				

Leistungsfaktor

Anzeige:	0,00 bis 1,00
Genauigkeit:	± [2% + 3 Digits] 50 bis 60 Hz (Strom u. Spannung min. 1/10 des Bereiches)

Verschiedenes

Leistungsaufnahme:	ca. 10 W
Betriebsbedingungen:	+ 10° C ... + 40° C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	80%
Gehäuse (B x H x T) [ohne 22 pol. Flachstecker]:	135 x 68 x 228 mm
Gewicht:	ca. 0,5 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten:	Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör:	HZ815 Netzadapter

3 ½-Digit LC-Meter HM8018

Produkt siehe Seite 78

Betriebsarten

C-Messung
L-Messung
Serieninduktivität L, Parallelkapazität C
Serienwiderstand R, Parallellwert G

Messbereiche

L:	200 µH-200 H in 7 Bereichen
Rs:	20 Ω-200 kΩ in 5 Bereichen
C:	200 pF-200 µF in 7 Bereichen
G:	20 µS-200 mS in 5 Bereichen

Max. Auflösung:	0,1 pF 0,1 µH 0,01 Ω 0,01 µS
------------------------	---------------------------------------

Messfrequenzen:	(Messspannung sinusförmig) ~160 Hz, 1,6 kHz, 16 kHz ($\omega = 10^3, 10^4, 10^5 \text{ s}^{-1}$)
------------------------	--

Messspannung:	max. 1 V _{SS}
----------------------	------------------------

Messstrom:	max. 36 mA (eff.)
-------------------	-------------------

Leistungsabgabe am Messobjekt:

max. 3,2 mW

Messgenauigkeit:	± [0,5% vom Messwert + (3 Digit + 0,5 pF / 0,5 µH / 10 mΩ / 0,01 µS)]
-------------------------	--

Messfehler bei der Trennung von Realteil und Imaginärteil ≤ 1% bei tanφ ≥ 1

Anzeige

3 1/2-stellige 7-Segment LED-Anzeige

Messrate:	2 Messungen pro Sekunde
------------------	-------------------------

Messart:	Zwei- oder Vierdrahtmessung
-----------------	-----------------------------

Verschiedenes

Eingänge kurzschlussfest und kurzzeitig überspannungsfest bis 100 V bei einer max. Energieaufnahme von 10 mJ (≙ Kondensator 2 µF, geladen mit 100 V).

Polarisationsspannung für C-Messung:	2 V
---	-----

Nullpunktkorrektur für Display

Kompensation für Messkabelkapazität (HZ18)

Wechselspannungssignal an rückseitiger BNC-Buchse proportional zur Anzeige (HM8001 mit Option H0801)

Versorgung (vom Grundgerät):	+5 V/200 mA -13 V/130 mA +13 V/130 mA ($\Sigma = 4,5 \text{ W}$)
-------------------------------------	---

Betriebsbedingungen:	+ 10° C bis + 40° C
-----------------------------	---------------------

Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	80% (ohne Kondensation)
------------------------------------	-------------------------

Gehäuse (B x H x T) [ohne 22 pol. Flachstecker]:	135 x 68 x 228 mm
---	-------------------

Gewicht:	ca. 0,65 kg
-----------------	-------------

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten:	Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör:	HZ18 Kelvin-Messleitung

1,6 GHz Universalzähler HM8021-4

Produkt siehe Seite 79

Messfunktionen

Frequenz A/C; Periodendauer A;
Ereigniszählung A;
Pulsbreite \square / \square (Mittelwert);
Ereigniszählung A während Ext. Gate.

Eingangsscharakteristik (Eingang A)

Frequenzbereich:	0 – 150 MHz: DC-gekoppelt 10 Hz – 150 MHz: AC-gekoppelt
-------------------------	--

Empfindlichkeit: (Normaltriggerung)	DC – 80 MHz: 20 mV _{eff} (Sinus) 80 mV (Puls)
80 MHz – 150 MHz:	60 mV _{eff} (Sinus)
20 Hz – 80 MHz, [Autotrig.]:	50 mV _{eff} (Sinus)

Minimale Pulsbreite:	5 ns
-----------------------------	------

Eingangsrauschen:	100 µV (typ.)
--------------------------	---------------

Kopplung:	AC oder DC (umschaltbar)
------------------	--------------------------

Eingangsimpedanz:	1 M Ω 40 pF
Abschwächer:	x1, x20 (schaltbar)
Max. Eingangsspannung:	
0 bis 440 Hz:	400 V (DC + AC _{Spitze})
1 MHz:	abnehmend bis 8 V _{eff}

Eingangscharakteristik (Eingang C)	
Frequenzbereich:	100 MHz – 1,6 GHz
Eingangsempfindlichkeit:	
bis 1,3 GHz:	30 mV (typ. 20 mV)
bis 1,6 GHz:	100 mV (typ. 80 mV)
Eingangsimpedanz:	50 Ω nominal
Kopplung:	AC
Max. Eingangsspannung:	5 V (DC + AC _{Spitze})

Eingangscharakteristik (External Gate)	
Eingangsimpedanz:	4,7 k Ω
Max. Eingangsspannung:	\pm 30 V
High-/Low-Pegel:	> 2 V / < 0,5 V
Min. Impulsdauer:	50 ns
Min. eff. Torzeit:	150 μ s

Frequenzmessung (Eingang A)	
LSD:	$2,5 \times 10^{-7}$ s x Freq./Messzeit
Auflösung:	\pm 1 oder 2 LSD

Periodendauermessung	
Bereich:	10000 sec bis 66,6 ns
LSD:	$2,5 \times 10^{-7}$ s x Periode/Messzeit
Auflösung:	\pm 1 oder 2 LSD

Ereigniszählung (manuelle/externe Steuerung)	
Bereich:	DC bis 20 MHz
Min. Pulsdauer:	25 ns
LSD:	\pm 1 Ereignis
Auflösung:	LSD
Ext. Gate-Fehler:	nur bei manueller Steuerung 100 ns

Pulsdauer (gemittelte Messung)	
LSD:	100 ns bis 10 ps
Auflösung:	1 oder 2 LSD

Offseteinstellung	
Bereich:	umfasst den gesamten Messbereich

Torzeit	
(die Torzeit kann nicht kleiner als 1 Periode sein)	
Bereich:	100 ms – 10 s in 3 Stufen
Externe Torzeit:	min. 150 μ s

Zeitbasis	
Frequenz:	10 MHz Takt 10 MHz Quarz
Genauigkeit (zwischen 10° C und 40° C):	$\pm 5 \times 10^{-7}$
Alterung:	± 3 ppm/15 Jahre

Verschiedenes	
Anzeige:	8-stellige 7-Segment LED-Anzeige mit 7,65 mm Ziffernhöhe, Vorzeichen und Exponent
Leistungsaufnahme:	ca. 7 Watt
Betriebsbedingungen:	+10° C bis +40° C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	10 % – 90 % ohne Kondens., 5 % – 95 % RH
Gehäuse (B x H x T):	135 x 68 x 228 mm
Gewicht:	ca. 0,6 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ33/HZ34 BNC-Messkabel, HZ24 Dämpfungsglieder, HZ20 BNC-Bananen Adapter, HO85 OCOXO, HZ10 Silikonummüllte Messleitung

Klirrfaktormessbrücke HM8027

Produkt siehe Seite 80

Frequenzbereich	
	20 Hz - 20 kHz
	unterteilt in 3 dekadische Stufen
	Variab. Abgleich 10:1, bereichsüberlappend

Klirrfaktormessbereich	
	0,01 % - 50%, unterteilt in 2 Messbereiche
Bereichsendwert:	10 % und 100 %
Auflösung der Anzeige:	100 % Bereich: 0,1 % 10 % Bereich: 0,01 %

Anzeigegegenauigkeit	
100 % Bereich:	$\pm 5 \%$ ± 1 Digit für $k \leq 10 \%$
10 % Bereich:	$\pm 5 \%$ ± 1 Digit für $k \leq 1 \%$

Eigenklirrfaktor + Rauschen	
	$\leq 0,5$ Digit

Grundwellenunterdrückung	
	30dB größer als der gemessene Klirrfaktor
	oder ≥ 70 dB im 100 % Bereich
	oder ≥ 90 dB im 10 % Bereich

Eingangsspannung	
	min. für 100 % Abgleich: 300 mV
	max. für 100 % Abgleich: 50 V

Eingangsimpedanz	
	100 k Ω

Kontrollausgang	
Ausgangsspannung:	1 mV/Digit (kurzschlussicher)
Ausgangsimpedanz:	10 k Ω

Eingangsabschwächer	
	1 Festteiler - 20dB
	1 Festteiler - 10dB
	1 variabler Abschwächer - 15dB

Verschiedenes	
	1 schaltbarer Hochpassfilter 1kHz, 12dB/Oktave
Versorgung	+12V/60 mA
(vom Grundgerät):	- 12V/60 mA
	+5V/100 mA
	($\Sigma = 1,94$ W)
Betriebsbedingungen:	+10° C bis +40° C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	80 % (ohne Kondensation)
Gehäuse (B x H x T) (ohne 22-pol. Flachstecker):	135 x 68 x 228 mm
Gewicht:	ca. 0,65 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ33/HZ34 BNC-Messkabel, HZ20 BNC-Banane-Adapter, HZ10 Silikonummüllte Messleitung

10 MHz Funktionsgenerator HM8030-6

Produkt siehe Seite 81

Betriebsarten

Sinus, Rechteck, Dreieck, Impuls; freilaufend, intern oder extern frequenzmodulierbar, mit oder ohne DC-Offset

Frequenzbereiche0,05 Hz bis 10 MHz in 8 dekadischen Stufen variabel: $x 0,09$ bis $x 1,1$ (12:1)
Frequenzdrift: $< 0,5\%/h$ bzw. $0,8\%/24h$ bei konstanter Umgebungstemperatur**Kurvenform - Charakteristiken****Sinus-Klirrfaktoren**0,05 Hz bis 1 MHz: max. 0,5 %
1 MHz bis 10 MHz: max. 5 %**Rechteck-Anstiegszeit:** typ. 15 ns**Überschwingen:** $< 5\%$ (bei Abschluss mit 50 Ω)**Dreieck-Nichtlinearität:** $< 1\%$ (bis 100 kHz)**Displays****Frequenz:** 5-stell. 7-Segment-LED, je 8 x 5 mm**Genauigkeit:**bis 5 Hz: $\pm (1\% + 3 \text{ Digit})$
5 Hz bis 10 MHz: $\pm (5 \times 10^{-5} + 1 \text{ Digit})$

LED-Anzeige für mHz, Hz, kHz und sec.

Ausgänge**Signalausgang:** kurzschlussfest, Fremdspannungsfestigkeit bis $\pm 45 V_{DC}$ max. (30 sec.)**Impedanz:** 50 Ω **Ausgangsspannung:** $10 V_{SS}$ an 50 Ω Last; Leerlauf $20 V_{SS}$ **Spannungsteilung:** max. 60 dB**2 Teiler:** je 20 dB $\pm 0,2$ dB**Variabel:** 0 bis 20 dB**Amplitudenfehler:** (Sinus/Dreieck)0,5 Hz bis 0,5 MHz: max. 0,2 dB
0,5 MHz bis 10 MHz: max. 0,5 dB**DC-Offset:** variabel (an- und abschaltbar)an 50 Ω Last: max. $\pm 2,5 V$
im Leerlauf: max. $\pm 5 V$ **Trigger-Ausgang:** Zum Signalausgang synchrones Rechteck-signal ca. $+5 V/TTL$ **FM-Eingang**

(VCF, BNC-Buchse auf Geräterückseite HM8001-2 u. Opt.H0801)

Frequenzänderung: ca. 1:100**Eingangsimpedanz:** 6 k Ω || 25 pF**Eingangsspannung:** max. $\pm 30 V$ **Interne Wobbelung****Wobbelgeschwindigkeit:** 20 ms bis 15 s**Wobbelhub:** ca. 1:100**Verschiedenes****Versorgung (von Grundgerät):** $+5 V/200 mA$
 $+16 V/300 mA$
 $-16 V/250 mA$
[$\Sigma = 9,8 W$].**Betriebsbedingungen:** $+10^\circ C$ bis $+40^\circ C$ **Max. rel. Luftfeuchtigkeit:** 80 % (ohne Kondensation)**Gehäuse (B x H x T) (ohne 22 pol. Flachstecker):**

135 x 68 x 228 mm

Gewicht: ca. 0,80 kgBei $23^\circ C$ nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.**Im Lieferumfang enthalten:** Bedienungsanleitung**Optionales Zubehör:** HZ33/HZ34 BNC-Messkabel, HZ22 50 Ω Durchgangsabschluss, HZ10 Silikonumhüllte Messleitung**20 MHz Impulsgenerator HM8035**

Produkt siehe Seite 82

Betriebsarten

Interne, externe und manuelle Triggerung

Frequenzbereich2 Hz bis 20 MHz, 7 dekadische Stufen; kontinuierliche Einstellung ($> 10:1$)**Symmetrisches Rechteck:****Tastverhältnis:**bis zu 2 MHz: $50\% \pm 10 ns$
2 MHz bis 20 MHz: $50\% \pm (5\% + 10 ns)$ **Jitter:** $\leq \pm 0,1\%$ **Impuls:**7 dekadische Stufen kontinuierliche Einstellung ($> 10:1$)**Impulsdauer:** 20 ns bis 200 ms**Jitter:** $\leq \pm 0,1\%$ **Einzelimpulse:**

Auslösung mit Drucktaste

Impulsdauer: $\leq 20 ns$ bis $\geq 200 ms$ **Impulscharakteristik****Anstiegs-/Abfallzeit:** $\leq 3 ns + (0,04 ns/^\circ C)$; $U_s \leq 4 V, 10 - 90\%$ **Überschwingen:** $\leq 5\%$ der Impulsamplitude**Dachwelligkeit:** $\leq \pm 5\%$ der Impulsamplitude
(10 ns nach Flankensprung; 2 Hz-2 MHz)**Vorschwingen:** $\leq \pm 5\%$ der Impulsamplitude**Dual-Ausgänge (kurzschlussfest)****+ Amplitude:** max. $+5 V_s$ an 50 Ω Last gegen \perp
kontinuierliche Einstellung von $+2 V_s$ bis $+5 V_s$ **- Amplitude:** max. $-5 V_s$ an 50 Ω Last gegen \perp
kontinuierl. Einstellung von $-2 V_s$ bis $-5 V_s$ **Abschwächer:** 1:2,5 (-8 dB)
(Regelbereich von $\pm 0,8 V_s$ to $\pm 5 V_s$)**Quellenimpedanz:** 50 Ω (für beide Ausgänge)**Externer Trigger-Eingang****Impulsfolgefrequenz:** 0 bis 20 MHz**Impulsdauer:** 20 ns minimal**Trigger-Verzögerung:** ca. 20 ns**Trigger-Pegel:** Rechteck $+1 V_s$, TTL kompatibel
oder Sinus $1 V_s$ **Max. Eingangsspannung:** $\pm 30 V$ **Trigger-Ausgang (kurzschlussfest)****Amplitude:** $0/+1,9 V_s$ an 50 Ω Last, $0/+4 V_s$ im Leerlauf.
TTL kompatibel**Anstiegs-/Abfallzeit:** ca. 10 ns**Fehler der Kurvenform:** ca. $\pm 10\%$ der Impulsamplitude**Tastverhältnis:** identisch mit nicht-invertiertem Signal**Verzögerung:** ca. 10 ns fest, voreilend**Verschiedenes****Versorgung (von Grundgerät):** $+5 V/250 mA$
 $+20 V/260 mA$
 $-20 V/270 mA$
[$\Sigma = 11,9 W$].**Betriebsbedingungen:** $+10^\circ C$ bis $+40^\circ C$ **Max. rel. Luftfeuchtigkeit:** 80 % (ohne Kondensation)**Gehäuse (B x H x T) (ohne 22pol. Flachstecker):**

135 x 68 x 228 mm

Gewicht: approx. 0,80 kgBei $23^\circ C$ nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.**Im Lieferumfang enthalten:** Bedienungsanleitung**Optionales Zubehör:** HZ33/34 BNC-Messkabel, HZ22 50 Ω Durchgangsabschluss, HZ10 Silikonumhüllte Messleitung

50 kHz klirrarmer Sinusgenerator HM8037

Produkt siehe Seite 83

Betriebsart

Sinus, freilaufend, amplitudengeregelt

Frequenzbereich5 Hz bis 50 kHz, unterteilt in 4 dekad. Stufen
variable Einstellung 10:1, bereichsüberlappend**Frequenzdrift**

(Mittelstellung d. Frequenzeinstellers)

15 Min.	0,08 %	(50 kHz-Bereich)
8 Std.	0,6 %	(50 kHz-Bereich)
15 Min.	0,08 %	(in den anderen Bereichen)
8 Std.	0,5 %	(in den anderen Bereichen)

Frequenzanzeige

3-stellige 7-Segment LED-Anzeige

Anzeigegegenauigkeit: ±1 Digit**Klirrfaktor**

5 Hz - 20 Hz:	max. 0,03 %
20 Hz - 10 kHz:	max. 0,01 %
1 kHz:	typ. 0,005 %
10 kHz - 20 kHz:	max. 0,03 %
20 kHz - 50 kHz:	max. 0,05 %

Signalausgang (kurzschlussfest)

Ausgangsspannung:	1,5 V an 600 Ω
Innenwiderstand:	ca. 600 Ω
Amplitudenschwankungen:	max. ±0,2 dB (5 Hz bis 50 kHz)
Abschwächung:	min. 60 dB 2 Festteiler je 20 dB ± 0,2 dB
Variabel:	0 dB bis 20 dB
Amplitudenstabilität:	0,12 % (4 Std.)

Synchronausgang (kurzschlussfest)

Ausgangsspannung:	2V _{SS} , Sinusform
Innenwiderstand:	ca. 1 kΩ

Verschiedenes

Die Ausgänge lassen sich durch Tastendruck von der Gehäusemasse trennen.

Versorgung (von Grundgerät):

+5 V/120 mA
+15 V/30 mA
-15 V/30 mA
(Σ = 6,3 W)

Betriebsbedingungen:	+10 °C bis +40 °C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	80 % (ohne Kondensation)
Gehäuse (B x H x T) (ohne 22-pol. Flachstecker):	135 x 68 x 228 mm
Gewicht:	ca. 0,65 kg

Bei 23 °C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Bedienungsanleitung**Optionales Zubehör:** HZ33/34 BNC-Messkabel, HZ22 50 Ω Durchgangsabschluss, HZ10 Silikonumhüllte Messleitung**Dreifach-Netzgerät (Modul) HM8040-3**

Technische Daten siehe Seite 119

Kennlinienschreiber HM6042

Produkt siehe Seite 87

Messbereiche

3 Spannungsbereiche:	Kollektor-/Drain-Spannungen ≤ 2 V, 10 V, 40 V ± 5 %
3 Strombereiche:	Kollektor-/Drain-Ströme ≤ 2 mA, 20 mA, 200 mA ± 5 %
3 Leistungsbereiche:	Ausgangsleistung ≤ 0,04 W, 0,4 W, 4 W ± 10 %
Basis-/Gate-Spannungen und Ströme:	
I_B	1 µA bis 10 mA
V_B	bis 2 V ± 5 %
V_G	bis 10 V ± 5 %

Messgenauigkeit**Messgenauigkeit der statischen Werte:**

V_{C/D}	± [2% v. Mw. + 3 Dig.]
I_{C/D}	± [2% v. Mw. + 3 Dig.]
I_B	± [2% v. Mw. + 3 Dig.]
V_B	± [2% v. Mw. + 3 Dig.]
V_G	± [3% v. Mw. + 3 Dig.]
β	bis 1000: ± [5% v. Mw. + 3 Dig.] bis 100000: ± [(6 + 0,001 x β)% v. Mw. + 3 Dig.]

Messgenauigkeit der dynamischen Werte:

h₁₁	≤ 1000 Ω ± [12% v. Mw. + 3 Dig.] ≥ 1000 Ω ± [(12 + 0,001 Mw.) % v. Mw. + 3 Dig.]
h₂₁	≤ 1000 ± [12% v. Mw. + 3 Dig.] ≥ 1000 ± [(12 + 0,001 Mw.) % v. Mw. + 3 Dig.]
y₂₁	≤ 1 S ± [12% v. Mw. + 3 Dig.]
h/y₂₂	≤ 1 S ± [12% v. Mw. + 3 Dig.]

Sonstiges

Abspeicherung eines Vergleichsmesswertes, z. B. für die Unterstützung bei der Bauteileselektion

Cursor-Messungen:**Single mode:** Ein Cursor kennzeichnet die Position an der Messwerterfassung.**Tracking mode:** Zwei Cursors kennzeichnen die Positionen, an denen die Messwerte für die Messung der dynamischen Parameter erfasst werden.**Auswertung der Kurven von:** Dioden, Zenerdioden
NPN/PNP-Transistoren
FET/MOS-FET (N/P-Kanal)
Thyristoren (nur eingeschränkt)**Anzeige:** LCD
Messwertdarstellung der Kurvenschar
Bildschirmanzeige: max. 5 Kurven**Verschiedenes**

Röhre:	D14-364GY/123 oder ER151-GH/-, Rechteckform (8x10cm), Innenraster
Beschleunigungsspannung:	ca. 2 kV
Strahldrehung:	auf Frontseite einstellbar
Netzanschluss:	100-240 V - ±10 %, 50/60 Hz
Leistungsaufnahme:	ca. 36 Watt bei 50 Hz
Betriebsbedingungen:	0° C bis +40° C
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Farbe:	techno-braun
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm, mit verstellbarem Aufstell-Tragegriff
Gewicht:	ca. 5,6 kg

Bei 23 °C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Bedienungsanleitung, Netzkabel, Ansteckbarer Testadapter

HM303-6	19, 109	HZ40	97
HM504-2	18, 107	HZ42	103
HM507	14, 107	HZ43	103
HM1000	17, 109	HZ51	96
HM1008	13, 110	HZ52	96
HM1500	16, 111	HZ53	96
HM1508	12, 112	HZ56	99
HM2005	15, 108	HZ65	99
HM5012-2	29, 115	HZ70	98
HM5014-2	29, 115	HZ72S/L	98
HM5510	28, 116	HZ73	98
HM5511	28, 116	HZ97	101
HM6042	87, 132	HZ100	97
HM6050-2	39	HZ109	97
HM7042-5	46, 118	HZ115	98
HM7044	47, 118	HZ154	96
HM800	85	HZ200	96
HM8001-2	72, 127	HZ520	102
HM8003	73, 127	HZ530	38
HM8010	74, 127	HZ541	102
HM8012	75, 127	HZ560	100
HM8014	76, 128	HZ575	101
HM8015	77, 129	HZ809	101
HM8018	78, 129	HZ812	100
HM8021-4	79, 129	HZ815	101
HM8027	80, 130	HZ887	100
HM8030-6	81, 131		
HM8035	82, 131		
HM8037	83, 132		
HM8040-3	49, 84, 119		
HM8112-3	56, 120		
HM8115-2	57, 121		
HM8123	58, 122		
HM8130	59, 123		
HM8131-2	60, 124		
HM8134-3	61, 125		
HM8135	62, 126		
HM8143	48, 63, 119		
HO79-6	89		
HO82	90		
HO83	90		
HO880	91		
HO890	91		
HZ10	93		
HZ15	93		
HZ16	94		
HZ17	93		
HZ18	93		
HZ19	93		
HZ20	95		
HZ21	95		
HZ22	95		
HZ24	95		
HZ26	95		
HZ31	94		
HZ32	94		
HZ33/33S	94		
HZ34/34S	94		

Mehr als 1 Million verkaufte Oszilloskope



HAMEG Instruments GmbH · Industriestr. 6 · D-63533 Mainhausen · Tel +49 (0) 6182 800 0 · Fax +49 (0) 6182 800 100 · www.hameg.com · info@hameg.de

Vertrieb:

Tel +49 (0) 6182 800 300
Fax +49 (0) 6182 800 301
Email: sales@hameg.de

Ansprechpartner Deutschland:
Monika Reindl, Brigitte May

Ansprechpartner Ausland:
Carmen Sehnert, Brigitte May

Service:

Tel +49 (0) 6182 800 500
Fax +49 (0) 6182 800 501
Email: service@hameg.de

Serviceleitung:
Jürgen Amberg

Reparaturabwicklung:
Silge Brück, Rosalinde Andraschky

Produktberater/Produktmanager:

Oszilloskope und Spektrumanalysatoren:
Gerhard Hübenett
Tel +49 (0) 6182 800 532
Fax +49 (0) 6182 800 471
Email: huebenett@hameg.de

Module, Systemgeräte und Netzgeräte:
Dipl.-Ing. (FH) Melanie Zahn
Tel. +49 (0) 6182 800 226
Fax: +49 (0) 6182 800 227
Email: zahn@hameg.de

It's a pleasure



to measure

www.hameg.com