

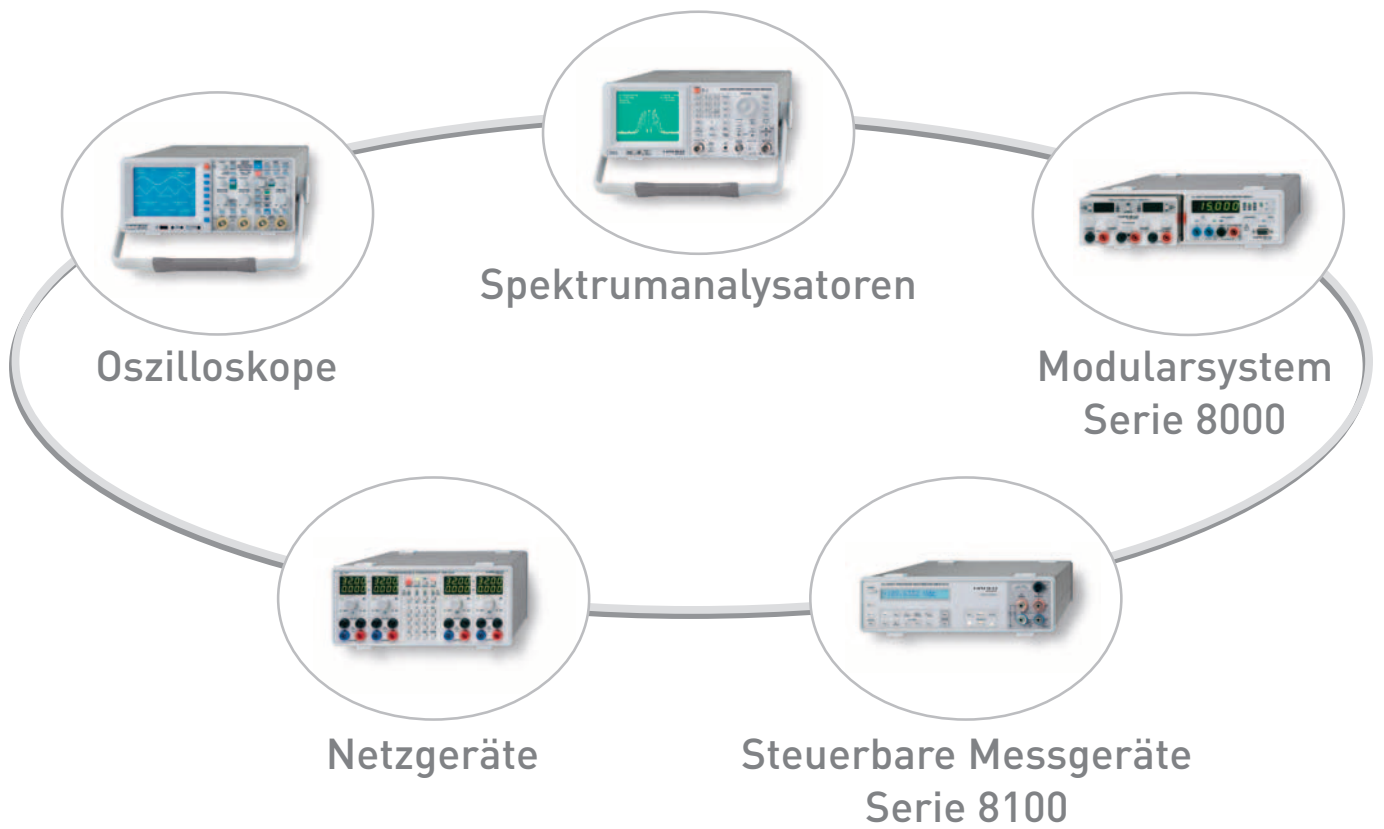
P R E C I S I O N .

P r o d u k t e 2 0 0 7



HAMEG[®]
Instruments

HAMEG Inhaltsverzeichnis



Oszilloskope 4

	Fachartikel:	
	HAMEG Oszilloskope	5
HM2008	200 MHz CombiScope® mit FFT	12
HM1508-2	150 MHz Mixed Signal CombiScope®	13
HM1008	100 MHz CombiScope®	14
HM507	50 MHz CombiScope®	15
HM2005	200 MHz Analog-Oszilloskop	16
HM1000-2	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
HM5014-2	1 GHz Spektrumanalysator mit Tracking-Generator, Readout u. RS-232	29
HM5530	3 GHz Spektrumanalysator	30
HZ540/550	Nahfeld-Sondensatz	31

EMV-Messtechnik 32

	Fachartikel:	
	HAMEG EMV-Messtechnik	33
HZ530	Nahfeld-Sondensatz	40
HM6050-2	V-Zweileiter Netznachbildung	41

Netzgeräte 42

	Fachartikel:	
	HAMEG Netzgeräte	43
HM7042-5	Dreifach-Netzgerät 2x 0-32V/0-2A und 0-5,5V/0-5A	48
HM7044	Vierfach Hochleistungs-Netzgerät 4x 0-32V/0-3A	49
HM8143	Arbitrary-Netzgerät 2x 0-30V/0-2A und 5V/0-2A	50
HM8040-3	Dreifach-Netzgerät (Modul) 2x 0-20V/0,5A und 5V/1A	51

Steuerbare Messgeräte Serie 8100 52

	Fachartikel:	
	HAMEG Steuerbare Messgeräte Serie 8100	53
HM8112-3	6½-Digit Präzisions-Multimeter	60
HM8115-2	8 kW Leistungsmessgerät	61
HM8123	3 GHz Universalzähler	62
HM8131-2	15 MHz Arbitrary Funktionsgenerator	63
HM8134-3	1,2 GHz HF-Synthesizer	64
HM8135	3 GHz HF-Synthesizer	65
HM8143	Arbitrary-Netzgerät 2x 0-30V/0-2A und 5V/0-2A	66
HM8150	12,5 MHz Arbitrary Funktionsgenerator	67

Modularsystem Serie 8000 68

	Fachartikel:	
	HAMEG Modularsystem Serie 8000	69
HM8001-2	Grundgerät	75
HM8012	4½-Digit programmierbares Multimeter	76
HM8018	LCR-Meter	77
HM8021-4	1,6 GHz Universalzähler	78
HM8030-6	10 MHz Funktionsgenerator	79
HM8040-3	Dreifach-Netzgerät (Modul) 2x 0-20V/0,5A und 5V/1A	80
HM800	Leermodul	81

Optionen 82

HO79-6	Multifunktions-Schnittstelle für Oszilloskope	83
HO112	Messstellenumschalter	84
HO720	Dual RS-232 / USB Schnittstelle	84
HO730	Dual Ethernet / USB Schnittstelle	84
HO870	USB Schnittstelle	85
HO880	IEEE-488 Schnittstelle	85
HO890	RS-232 Schnittstelle	85

Zubehör 86

Messleitungen	87
Adapter	89
Tastköpfe	90
Schnittstellen / Kabel	92
Messaufnehmer	93
Prüfadapter / Allgemeines Zubehör	95
Spektrumanalysatoren	96
Einbausätze	97

Technische Daten 98

Oszilloskope Vergleichstabellen	99
Oszilloskope	101
Spektrum-Analysatoren Vergleichstabelle	109
Spektrum-Analysatoren	110
Netzgeräte Vergleichstabelle	113
Netzgeräte	114
Steuerbare Messgeräte Serie 8100	116
Modularsystem Serie 8000	123

Index 126
Kontakt 127

Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Steuerbare Messgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Optionen

Zubehör

Technische Daten



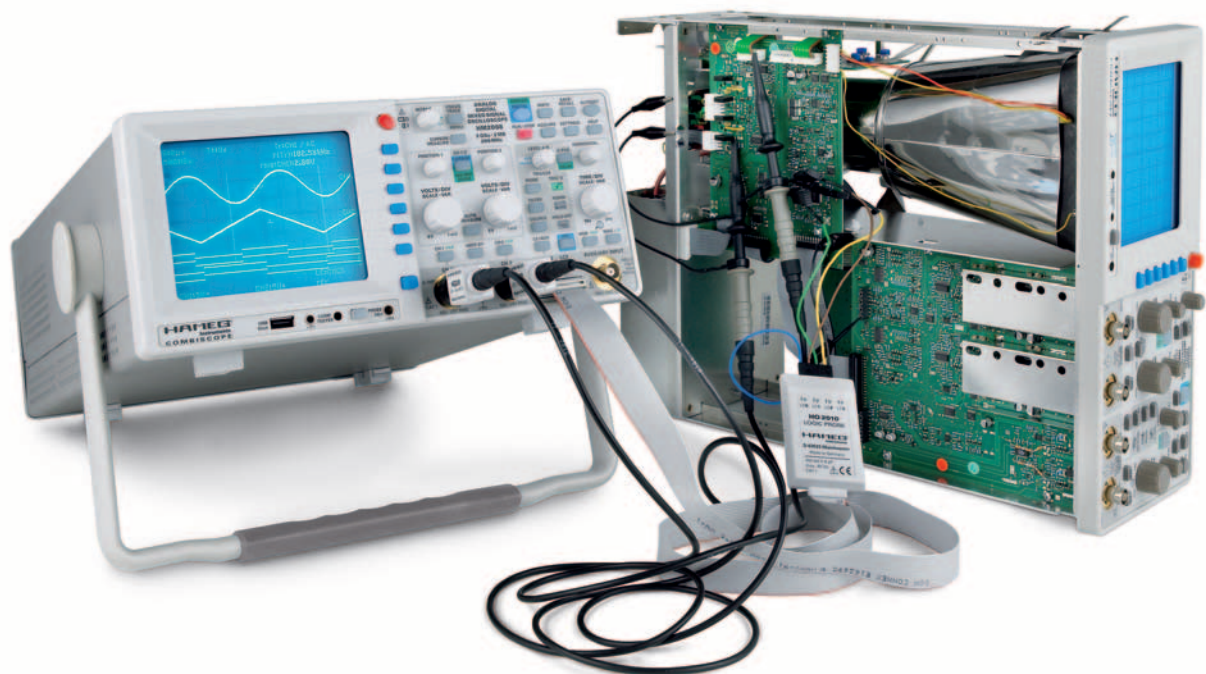
HAMEG Oszilloskope

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.

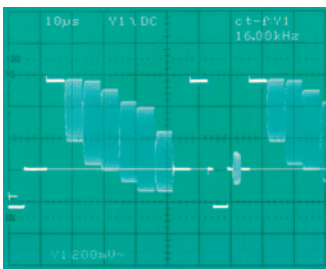


Bild 1: FBAS-Signal (HAMEG Gerät)

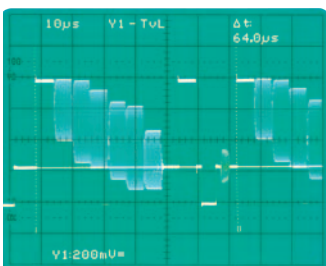


Bild 2: Zeitmessung mit Cursorlinien (HAMEG Gerät)

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,

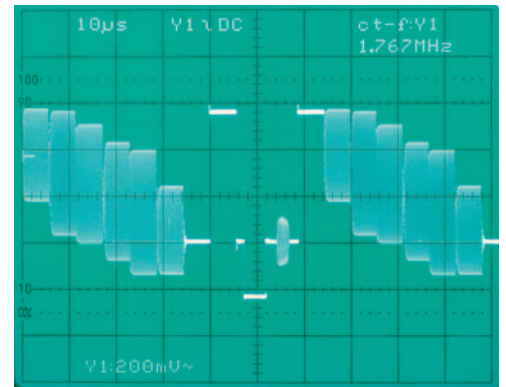


Bild 3: Frequenzzähler zeigt 1,76 MHz an (HAMEG Gerät)

obwohl bei diesem Signal die Frequenz 4,43 MHz dominiert. Ursache ist, dass das 4,43 MHz Farbsignalsignal — 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.

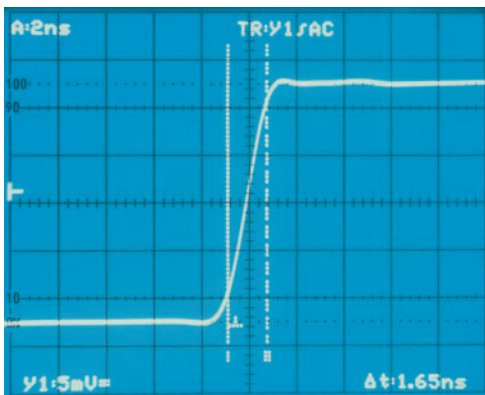


Bild 4: Rechteck mit Eigenanstiegszeit < 1 ns (HAMEG Gerät)

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

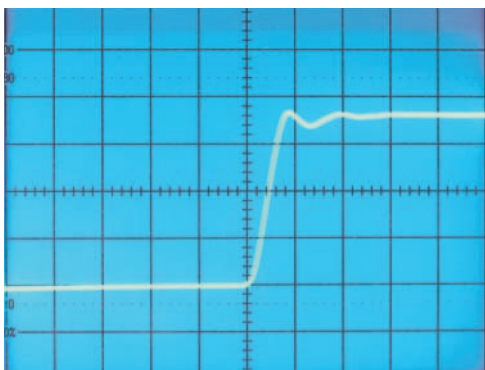


Bild 5: Fremdfabrikat verfälscht Signaldarstellung durch Überschwingen

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 dasselbe 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 jittert. 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 Strahliniendarstellung eines HAMEG Oszilloskops bei Digitalbetrieb. Rauschen ist fast nicht zu sehen.

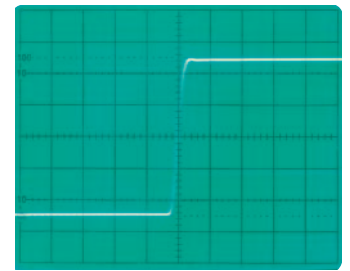


Bild 6: Signaldarstellung mit gutem Messverstärker (HAMEG Gerät)

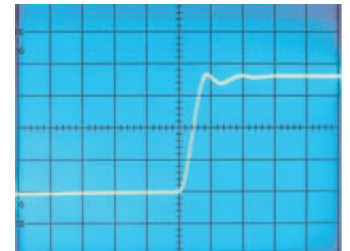


Bild 7: Fremdfabrikat zeigt Anstiegsflanke mit Jitter, ...

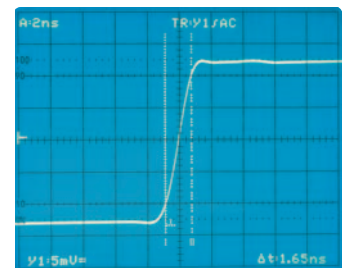


Bild 8: ... obwohl die Anstiegsflanke nicht jittert! (HAMEG Gerät)

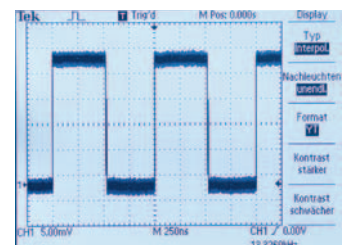


Bild 9: Rauschen eines „Nur-Digital“-Oszilloskop (Fremdfabrikat)

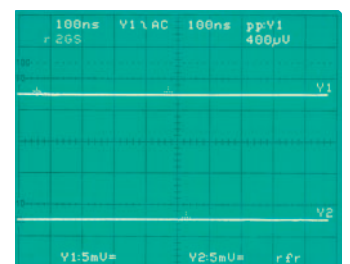


Bild 10: Fast kein Rauschen im Digitalbetrieb (HAMEG Gerät)

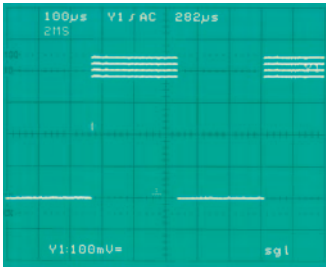


Bild 11: Scheinbar niederfrequente, „springende“ Überlagerung (HAMEG Gerät)

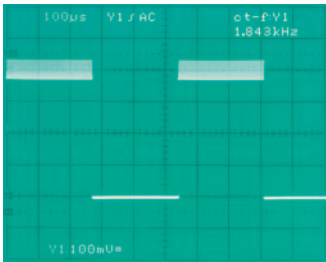


Bild 12: Analogbetrieb offenbart: Die Frequenz der Überlagerung ist hoch (HAMEG Gerät)

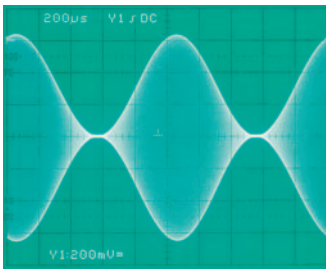


Bild 13: AM mit Modulationsgrad 100% im Analogbetrieb (HAMEG Gerät)

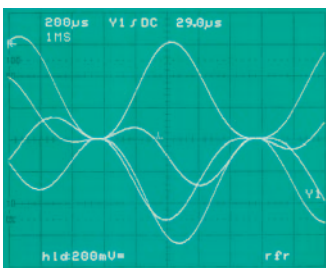


Bild 14: Amplitudenmoduliertes Signal im Digitalbetrieb aufgenommen (HAMEG Gerät)

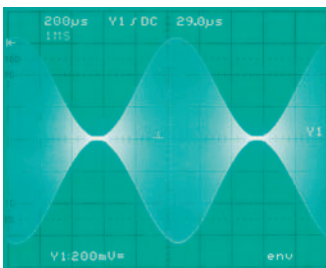


Bild 15: Digitalbetrieb, aber mit Envelope-Erfassung (HAMEG Gerät)

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 Beschleunigungsspannung 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

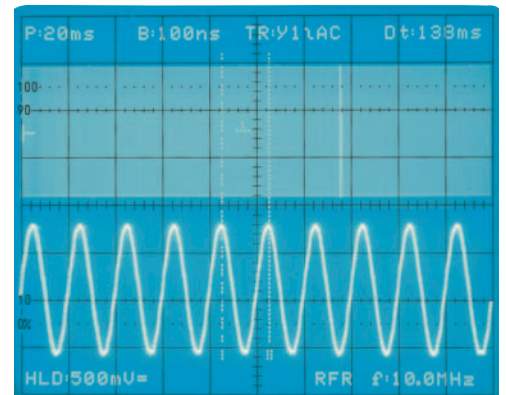


Bild 16: Signal im Helltastsektor 200.000fach gedehnt

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.

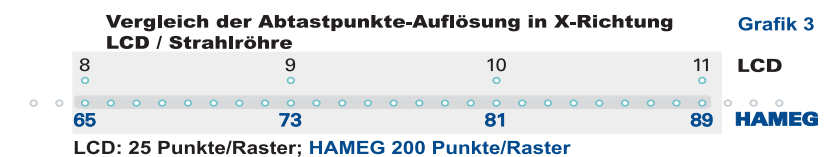
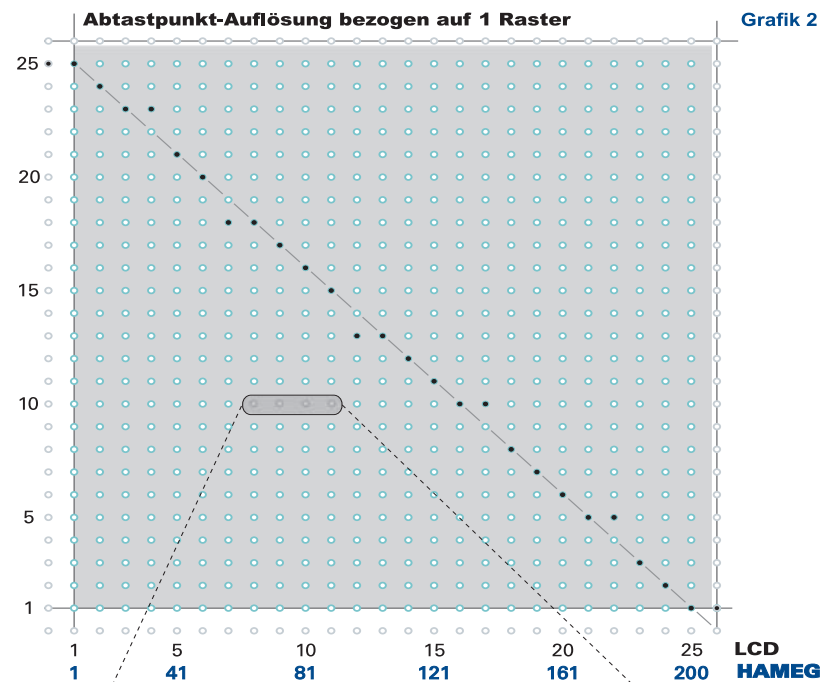
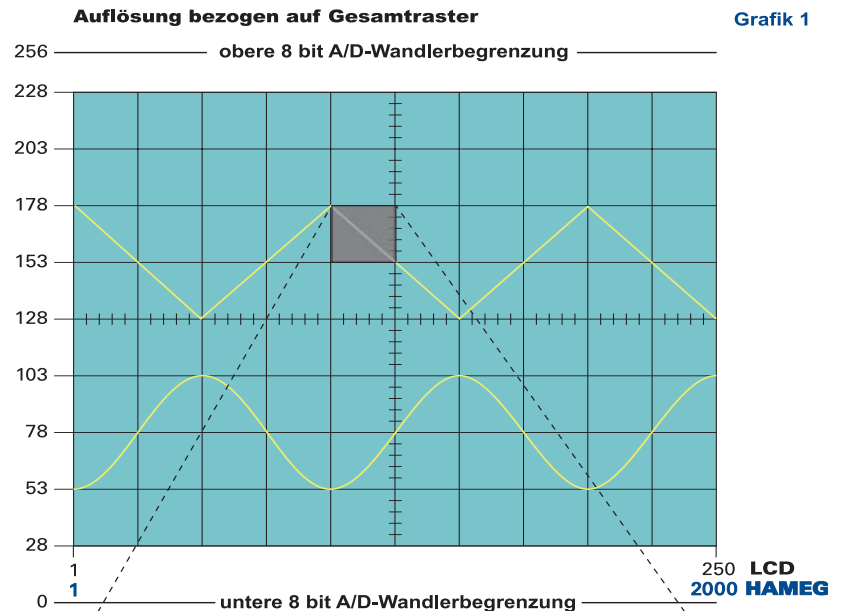
Bei „Nur-Digital“-Oszilloskopen mit LCD ist die X-Auflösung für die Signalanzeige in den meisten Fällen auf 250 Punkte begrenzt. Die Auflösung eines Rasters beträgt dann - wie mit Grafik 2 dargestellt - in X- und Y-Richtung jeweils 25 Abtastpunkte.

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: 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 das Signal 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 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 Zeitbasisstellung 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 MHz Sinussignals 50 MSa/s (Abtastfrequenz 50 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 MHz enthalten sein können, obwohl seine Halbbildfrequenz nur 50 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-

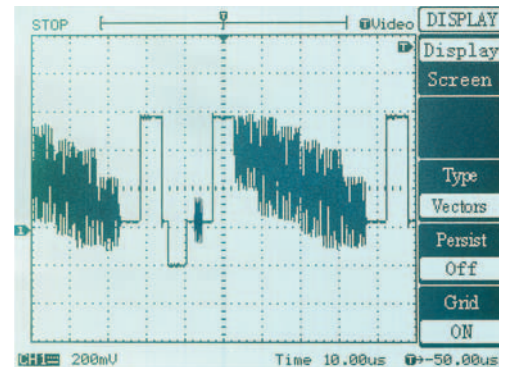


Bild 17: TV-Videosignal mit LCD angezeigt (Vektorgrafik Fremdfabrikat)

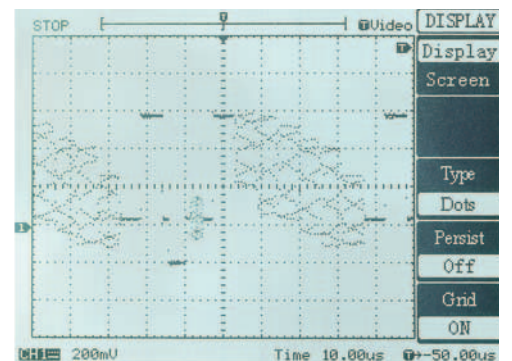


Bild 18: LCD zeigt TV-Videosignal in Punktdarstellung (Fremdfabrikat)

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

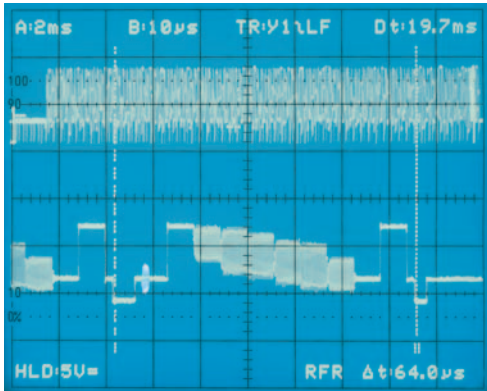


Bild 19: Videosignal mit Strahlröhre angezeigt (HAMEG Gerät)

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.

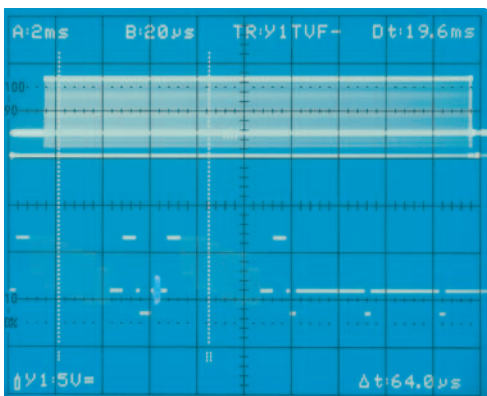


Bild 20: optimale Analogdarstellung eines Videosignals (HAMEG Gerät)

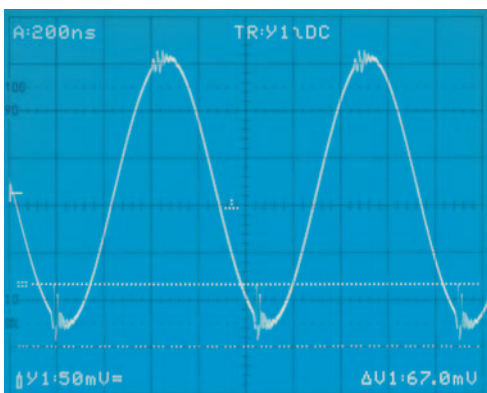


Bild 21: Analogdarstellung überlagerter Störungen (HAMEG Gerät)

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).

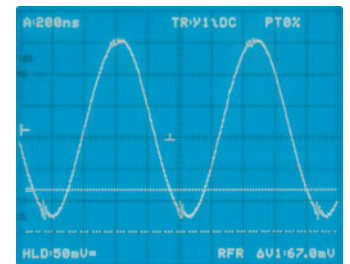


Bild 22: Digitalerfassung führt zu verfälschter Störungsamplitude (HAMEG Gerät)

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.

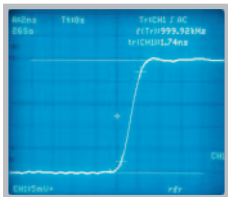
Das ist ein Grund warum Analog-Oszilloskope in den meisten Anwendungsfällen die technisch bessere und gleichzeitig ökonomischere Lösung sind. Die Kombination von Analog- und Digital-Oszilloskop – so wie HAMEG sie anbietet – ist nach wie vor das Optimum. Gleichgültig ob ein Analog- oder ein Digital-Oszilloskop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

200 MHz CombiScope® mit FFT HM2008

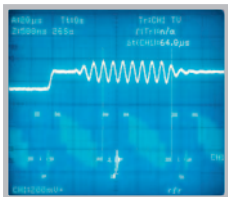
2. Quartal
2007



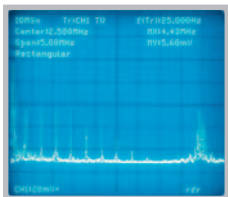
Anstiegszeitmessung im Digitalbetrieb mit Zeitbasiseinstellung 2 ns/cm (Abtastrate 2 GSa/s).



Digitalbetrieb: Mit ZOOM gedehnter Signalausschnitt eines komplexen Signals.



Frequenzanalyse eines Videosignals mit FFT.



2 GSa/s Real Time Sampling, 20 GSa/s Random Sampling

2 MPts Speicher pro Kanal, Memory **Z**oom bis 100.000:1

Frequenzspektrumanzeige mit FFT

2 Kanäle 1 mV – 5 V/cm, Zeitbasis 50 s/cm – 2 ns/cm, mit Option HO2010 zusätzlich 4 Logikkanäle

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

Rauscharme 8-Bit Flash-A/D Wandler

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

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

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

Analogbetrieb: ähnlich HM2005 (Seite 16)

Technische Daten siehe Seite 107



150 MHz Mixed Signal CombiScope® HM1508-2

2. Quartal
2007



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

1 MPts Speicher pro Kanal, Memory  bis 50.000:1

Frequenzspektrumanzeige mit FFT

4 Kanäle (2 Analog, 2 Logik), Zeitbasis 50 s/cm – 5 ns/cm

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

Rauscharme 8-Bit Flash-A/D Wandler

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

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

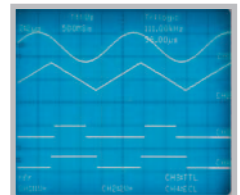
Signalanzeigen: Yt, XY und FFT;
Interpolation: Sinx/x, Pulse, Dot Join (linear)

Analogbetrieb: ähnlich HM1000-2 (Seite 17), aber 150 MHz

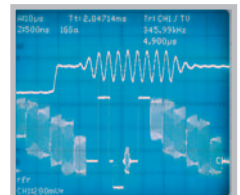
Technische Daten siehe Seite 106



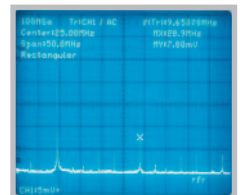
Digitalbetrieb: Darstellung
von 4 Signalen (2 Analog-
und 2 Logiksignale)



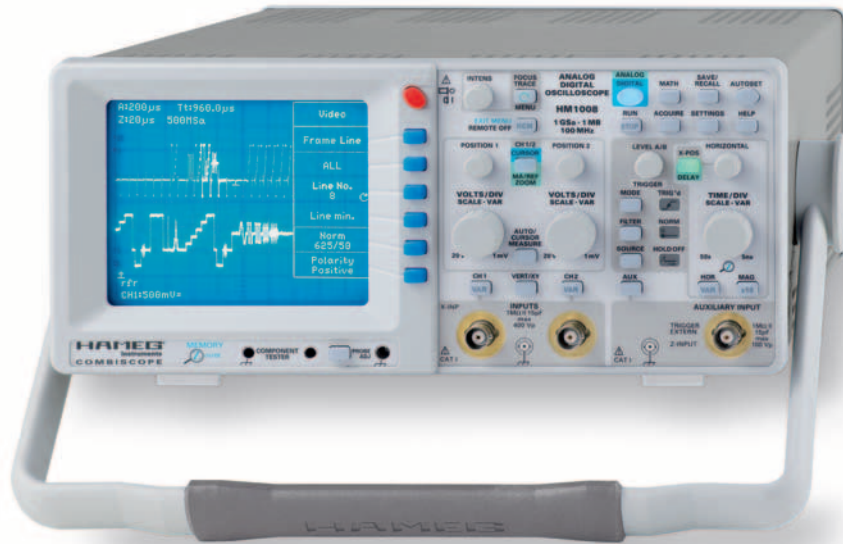
Digitalbetrieb: Mit ZOOM
gedehnter Signalauschnitt
(Burst) aus einer Zeile



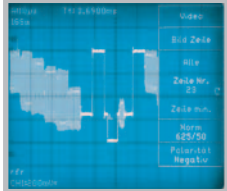
Frequenzanalyse
mit FFT.



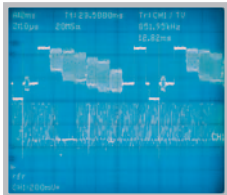
100 MHz CombiScope[®] HM1008



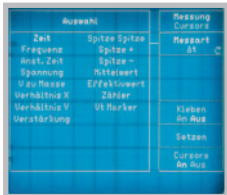
Ob PAL oder NTSC: Zeilen-
triggerung mit Zeilenzähler



Digitalbetrieb: Fernseh-
Halbbild und daraus „gezoo-
mte“ Zeile



Cursor-Messung-Auswahl
im Digitalbetrieb



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

1 MPts Speicher pro Kanal, Memory  bis 50.000:1

2 Kanäle 1 mV – 20 V/cm

Rauscharme 8-Bit Flash-A/D Wandler

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

Zeitbasis 50 s/cm – 5 ns/cm

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

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

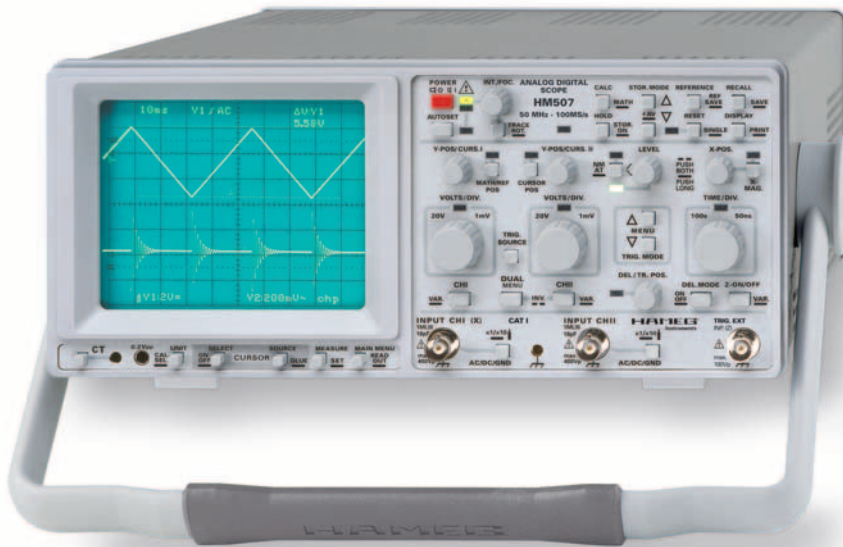
**Signalanzeigen: Yt und XY;
Interpolation: Sinx/x, Pulse, Dot Join (linear)**

Analogbetrieb: siehe HM1000-2 (Seite 17)

Technische Daten siehe Seite 104



50 MHz CombiScope® HM507



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

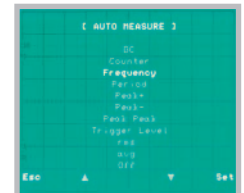
RS-232 Schnittstelle für Steuerung und Signalübertragung,
inkl. Windows® Software

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

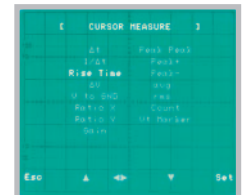
Technische Daten siehe Seite 101



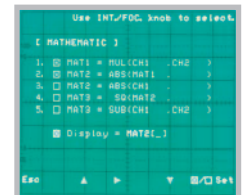
Automatische Messungen



Cursormessungen

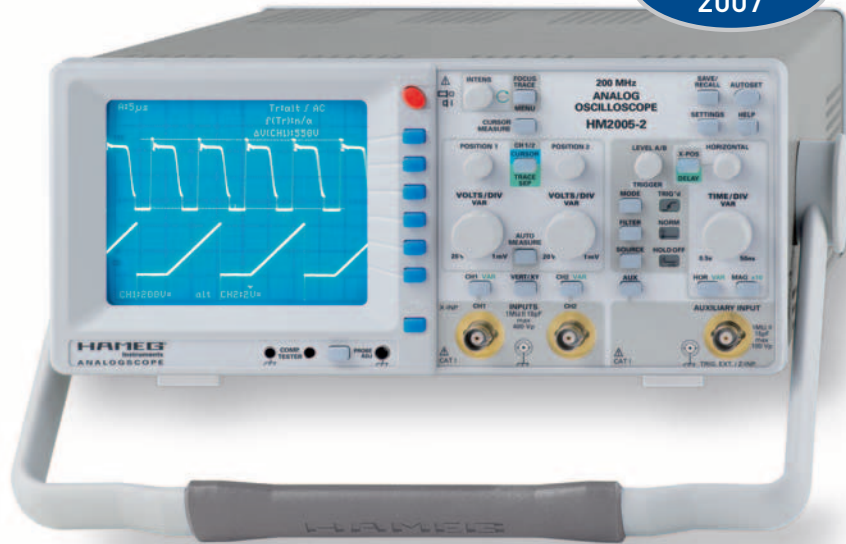


Signalverarbeitung mit benutzerdefinierten Formeln

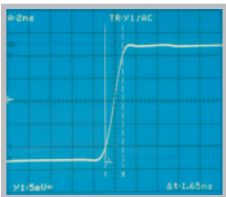


200 MHz Analog - Oszilloskop HM2005-2

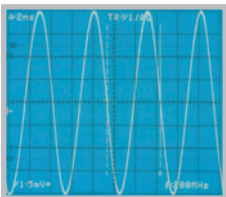
2. Quartal
2007



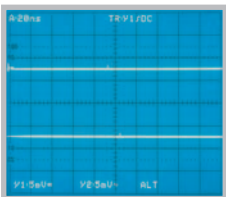
Überschwingungsarme
Messverstärker



Vollaussteuerung
mit 200 MHz Sinus



Rauscharme
Messverstärker



2 Kanäle mit Ablenkkoeffizienten 1 mV – 5 V/cm

Rauscharme Messverstärker mit hoher Impulswiedergabetreue

Zwei Zeitbasen: 0,5 s – 2 ns/cm und 20 ms – 2 ns/cm

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

250 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 102



100 MHz Analog-Oszilloskop HM1000-2

NEU



2 Kanäle mit Ablenkkoeffizienten 1 mV – 20 V/cm

Rauscharme Messverstärker mit hoher 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

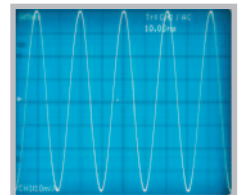
Save/Recall Speicher für Geräteeinstellungen

Hilfefunktionen, mehrsprachiges Menü

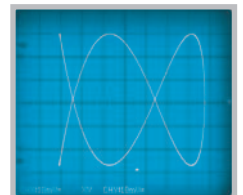
Technische Daten siehe Seite 103



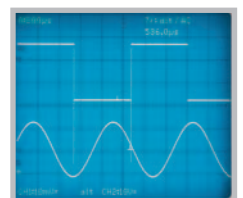
Unverzerrte Darstellung eines 100 MHz Sinussignals



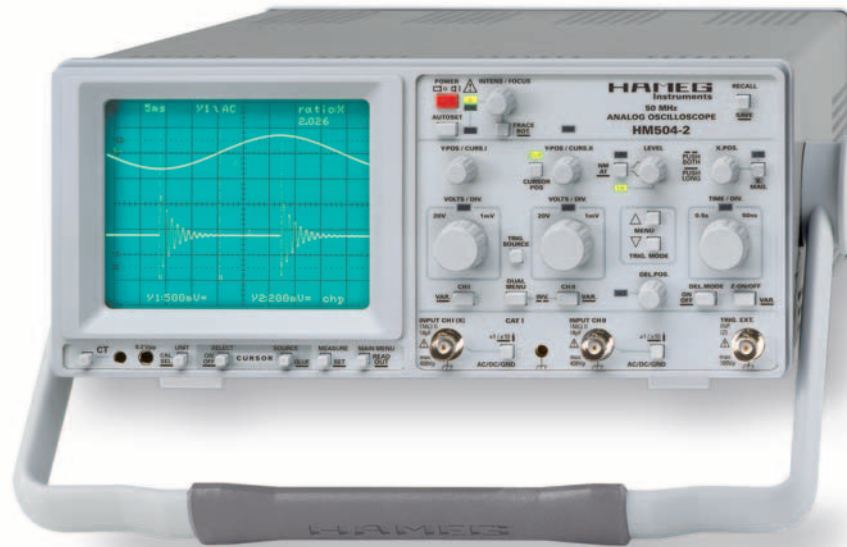
Lissajoussche Figur (XY-Betrieb)



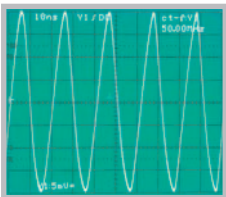
Zwei asynchrone Signale mit alternierender Triggerrichtung getriggert



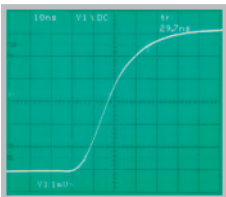
50 MHz Analog-Oszilloskop HM504-2



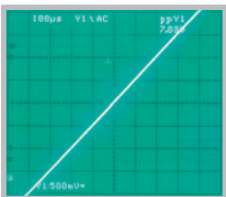
Hohe Messverstärkerdynamik erlaubt Vollaussteuerung mit 50 MHz Sinus.



Anstiegszeitmessung mit Cursorsen



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)

Triggenung 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

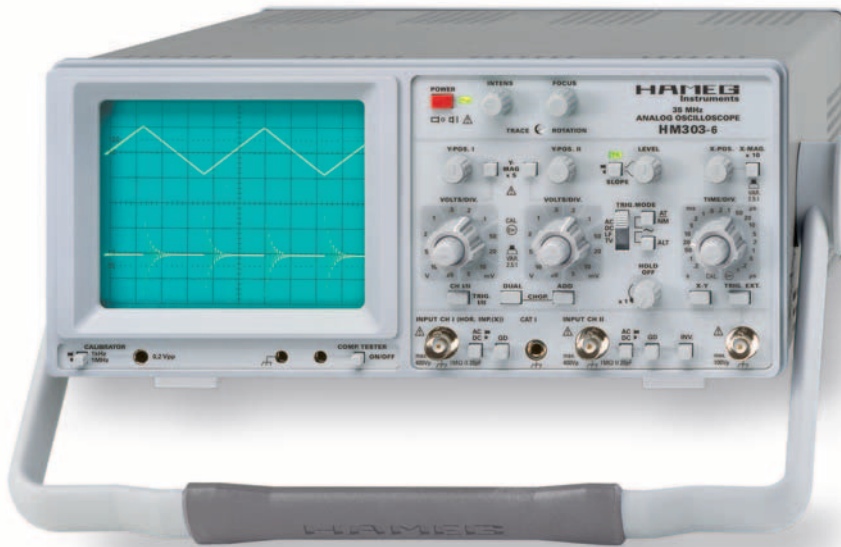
Max. 1 Million Signaldarstellungen pro Sekunde in höchster Analogqualität

RS-232 Schnittstelle (nur Parameterabfragen und Steuerung)

Technische Daten siehe Seite 101



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

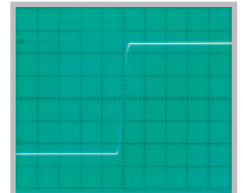
Triggerung 0 bis 50 MHz ab 5 mm Signalthöhe (100 MHz > 8 mm)

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

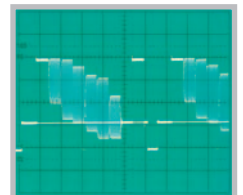
Yt-, XY- und Komponententest-Betrieb

Technische Daten siehe Seite 103

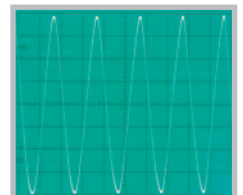
Keine Signalverfälschung durch Überschwängen ...



TV Videosignal auf Zeile getriggert



Vollaussteuerung mit 35 MHz Sinus



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren



EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Steuerbare Messgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

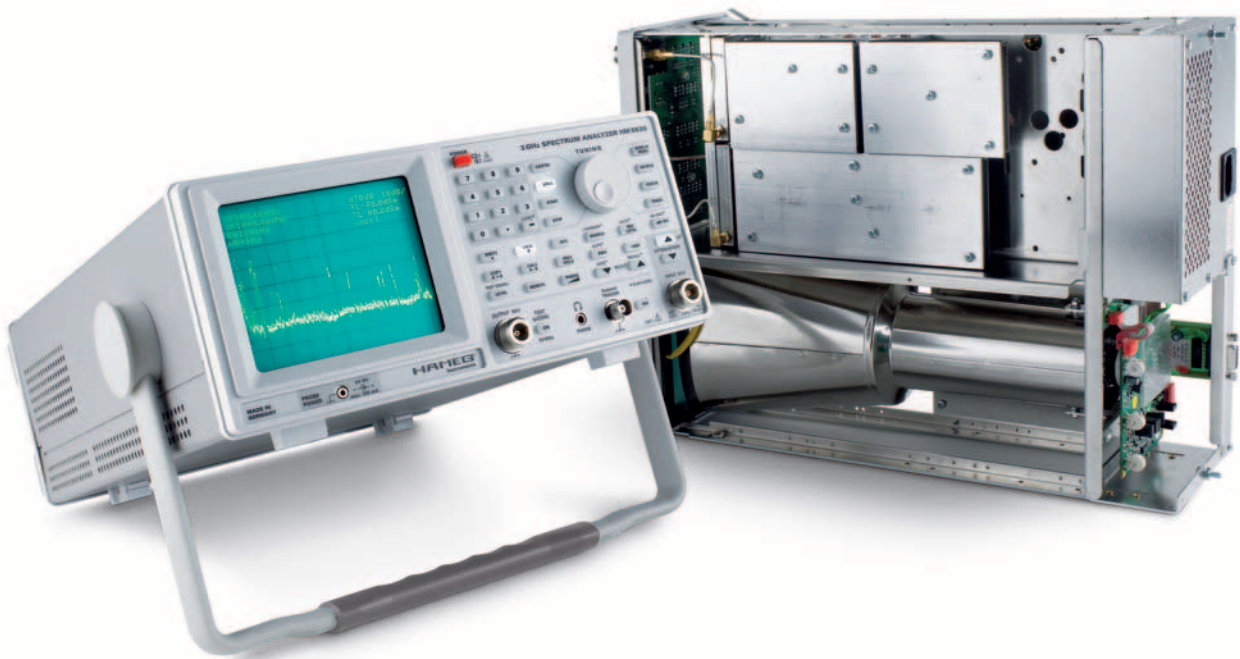
Optionen

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.

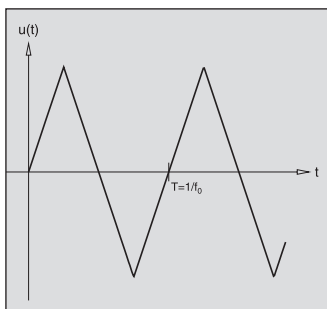


Bild 1: Klassisches Oszilloskop-Bild: Darstellung der Amplitude über die Zeit (Yt-Betrieb). Signal: Dreieck.

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.

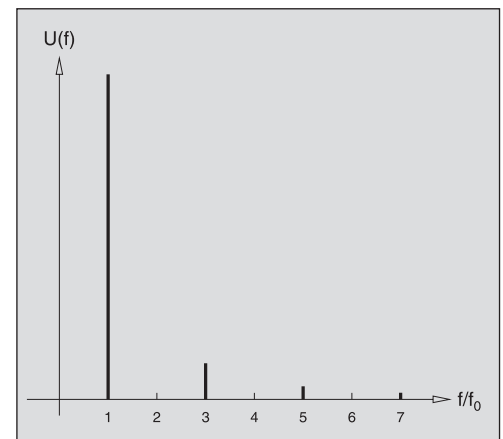


Bild 2: Bild des Spektrumanalysators: Darstellung der Amplitude über die Frequenz (Yf-Betrieb). Gleiches Signal wie Bild 1.

Tabelle 1: Vergleich Oszilloskop / Spektrumanalysator

	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 Spektrumanalysator die einzelnen Spektralkomponenten mit den dazugehörigen Amplituden.

Tabelle 1 fasst die wesentlichen Merkmale des Oszilloskops und Spektrumanalysators 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.

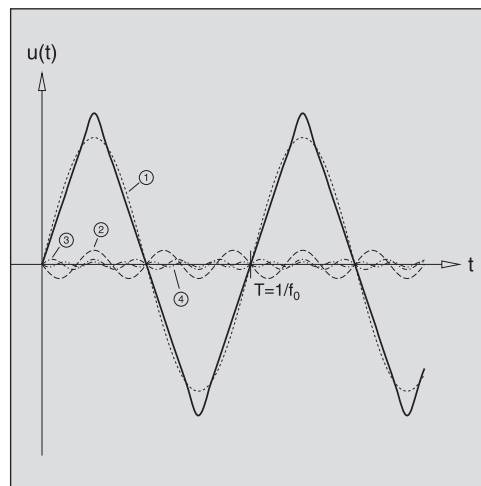


Bild 3: Kurven 1-4 addiert ergibt die Dreiecksspannung

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.

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

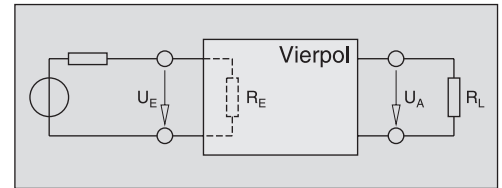


Bild 4: Die Leistungsverstärkung A_P des Vierpols kann in dB ausgedrückt werden.

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

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

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

Es gilt:

dB μV 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 dB μV 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 – dB μV

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	$A_U/\mu V$	$= 20 \lg (U_A/1 \mu V) \text{ dB}$	dB μ V	$V_0 = 1 \mu V \cdot 10^{A_{U/\mu V}/20}$

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

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. ±1 dB 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 x 10⁻²³ VA_s/K

T = absolute Temperatur/K

B = Messbandbreite/Hz

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

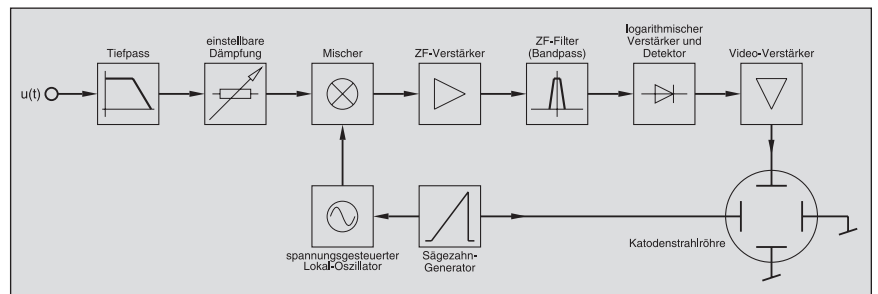


Bild 5: Prinzipeller Aufbau eines Überlagerungsempfängers.

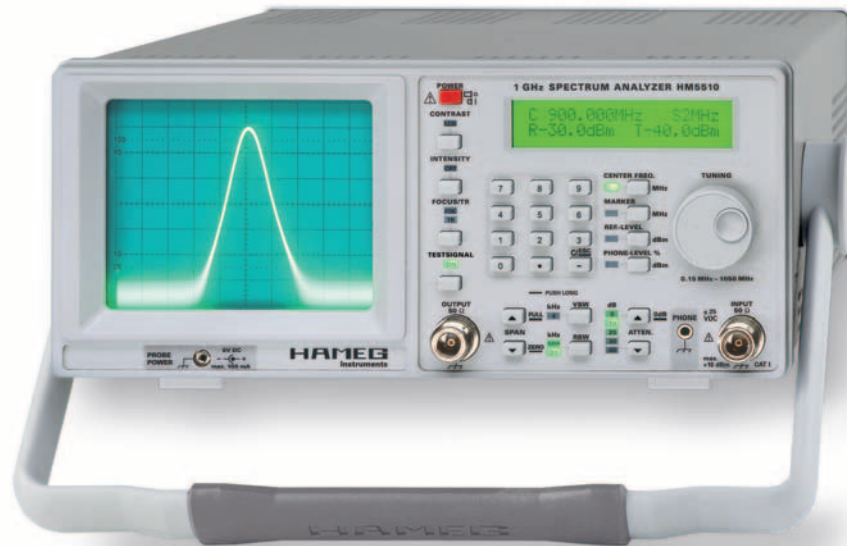
Diese Gleichung 4 zeigt, dass die thermische Rauschleistung direkt proportional zur Bandbreite ist. Eine Bandbreitenreduzierung des Filters um eine Dekade senkt nach Gleichung 5 die Rauschleistung um 10 dB, was wiederum eine Empfindlichkeitssteigerung um 10 dB bedingt. Alle weiteren Rauschquellen werden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

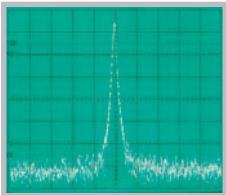
Bei einem Empfindlichkeitsvergleich zweier Spektrumanalysatoren ist darauf zu achten, dass man sich auf die gleiche Filterbandbreite bezieht.

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.

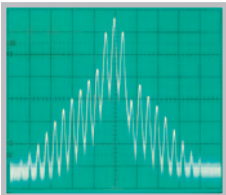
1 GHz Spektrumanalysator HM5510



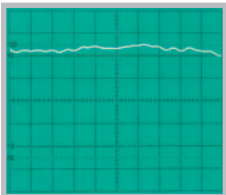
Unmoduliertes HF-Signal



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

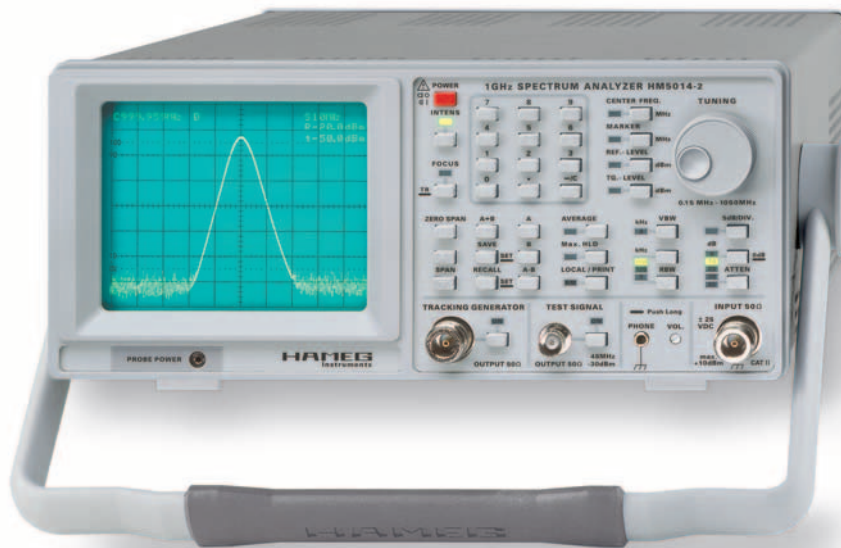
Keypad für Frequenz- und Pegel eingabe

Analoge Signalaufbereitung und Darstellung

Testsignalausgang

Technische Daten siehe Seite 111

1 GHz Spektrumanalysator 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

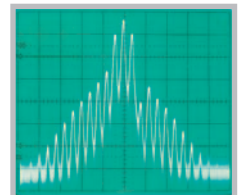
Erweiterte Messfunktionen für EMV-Messungen
mit optionaler Software

Trackinggenerator mit Ausgangspegel von -50 dBm bis +1 dBm

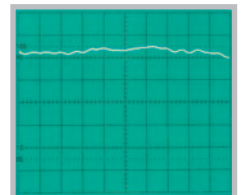
Technische Daten siehe Seite 110



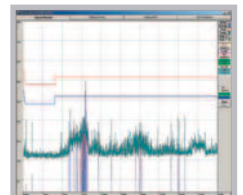
Amplitudenmoduliertes
HF-Signal



Mit Trackinggenerator
ermittelter Verstärker-
frequenzgang

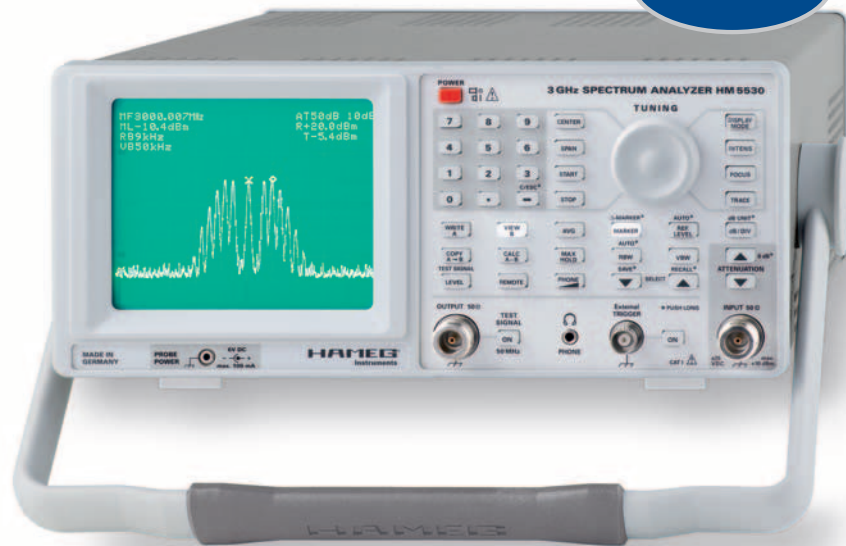


Erfassung leitungsgebunde-
ner Störungen

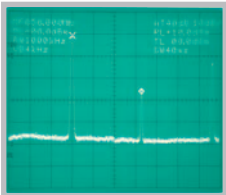


3 GHz Spektrumanalysator HM5530

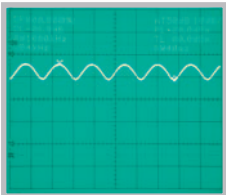
NEU



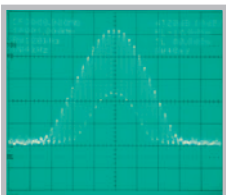
Testsignal 50 MHz



AM-Signal mit externem
Trigger im Zero Span



3GHz-Signal mit AM



Frequenzbereich von 100 kHz bis 3 GHz

Amplitudenmessbereich -110 dBm bis +20 dBm

Phasensynchrone, direkte digitale Frequenzsynthese

Auflösungsbandbreiten: 9 kHz, 120 kHz und 1 MHz

YIG-Oszillator

Pre-Compliance EMV-Messungen

Software für erweiterte Messfunktionen für EMV-Messungen
im Lieferumfang enthalten.

RS-232 Schnittstelle, optional: USB/RS-232

Technische Daten siehe Seite 112



HZ540 und HZ550 Nahfeldsondensatz

Die HAMEG Nahfeld-Sondensätze für die EMV-Precompliance-Messtechnik bestehen aus verschiedenen Breitbandsonden mit unterschiedlicher Empfangscharakteristik. Die Sonden werden in Verbindung mit Spektrumanalysatoren, Messempfängern oder Oszilloskopen zur qualitativen Erfassung elektromagnetischer Strahlung eingesetzt. Sie dienen vor allem zur Diagnose von Störemissionen auf Leiterplatten, von integrierten Schaltungen, Kabeln, Leckstellen in Schirmungen und ähnlichen Störstrahlungsquellen. Die HAMEG Sondensätze HZ540 und HZ550 sind entsprechend der gewünschten Aufgabenstellung unterschiedlich zusammengestellt.

Die Sondensätze enthalten in der Basisausstattung eine aktive Magnetfeldsonde, einen aktiven E-Feld-Monopol und eine aktive Hochimpedanzsonde. Abweichend vom Basissatz HZ540 ist der HZ550 um zusätzliche Sonden wie eine μ H-Feld-Sonde und eine passive Einstrahlsonde erweitert.



Abbildung
HZ550

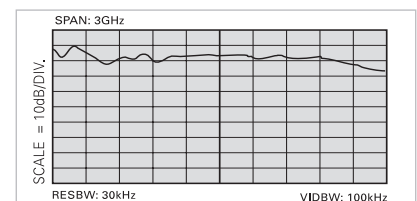
Sondensatz HZ540 (Basissatz)

HZ551	E-Feld-Sonde
Frequenzbereich:	< 1 MHz bis ca. 3 GHz
Richtwirkung:	Omnidirektional Empfindlich für elektrische Felder
Ausgangsimpedanz:	50 Ω ; SMA-Anschluss
Spannungsversorgung:	6 V, 80 mA Versorgung durch HAMEG Spektrumanalysator

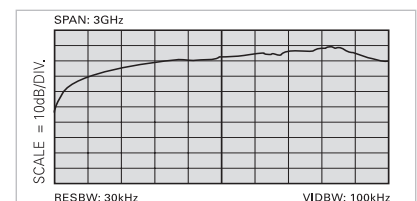
HZ552	H-Feld-Sonde
Frequenzbereich:	< 30 MHz bis ca. 3 GHz
Richtwirkung:	wie Rahmenantenne; Empfindlich für veränderliche magnetische Felder
Ausgangsimpedanz:	50 Ω ; SMA-Anschluss
Spannungsversorgung:	6 V, 80 mA Versorgung durch HAMEG Spektrumanalysator

HZ553	Hochimpedanzsonde
Frequenzbereich:	< 1 MHz bis ca. 3 GHz
Eingangskapazität:	< 2 pF ca. 100 k Ω
Teilungsverhältnis:	im Bereich ca. 10:1 bis 30:1
Max. Eingangsspannung:	10 V _{SS}
Max. Spannung eines unisolierten Leiters:	30 V
Ausgangsimpedanz:	50 Ω ; SMA-Anschluss
Spannungsversorgung:	6 V, 80 mA Versorgung durch HAMEG Spektrumanalysator

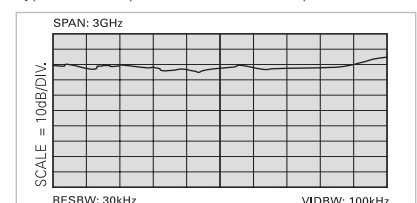
Typischer Frequenzverlauf E-Feld-Sonde



Typischer Frequenzverlauf H-Feld-Sonde



Typischer Frequenzverlauf Hoch-Impedanz-Sonde



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik



Netzgeräte

Steuerbare Messgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Optionen

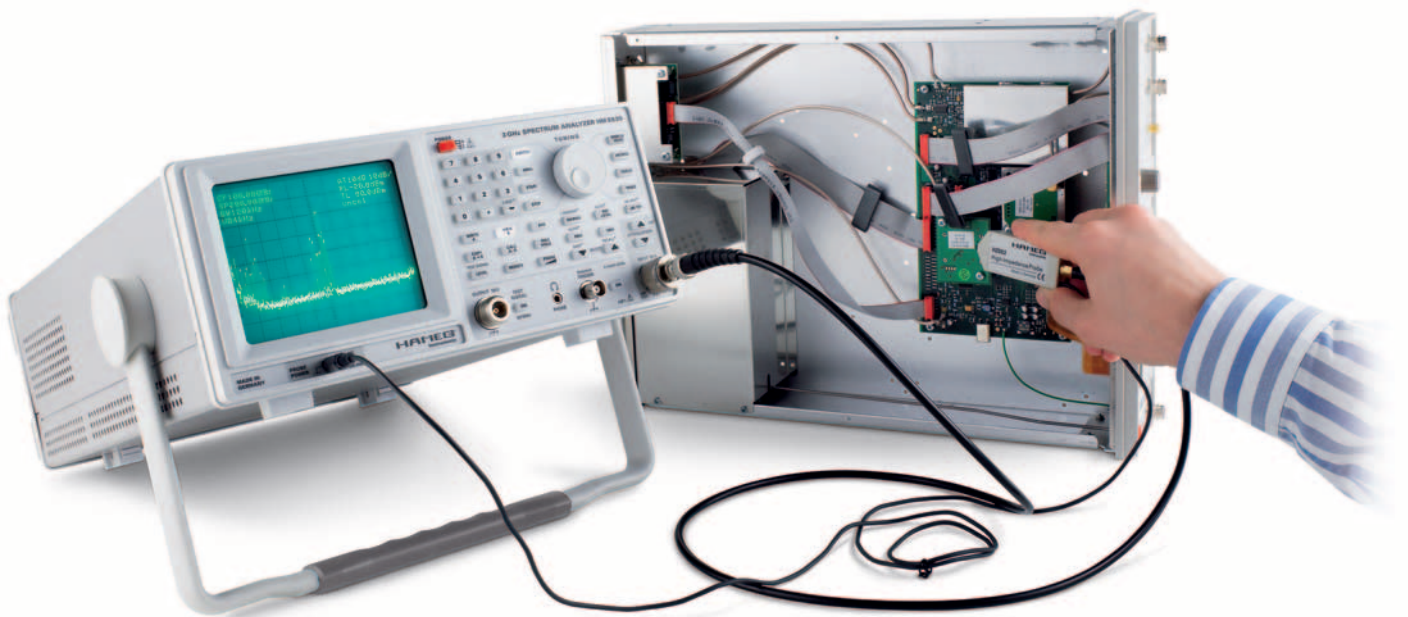
Zubehör

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)

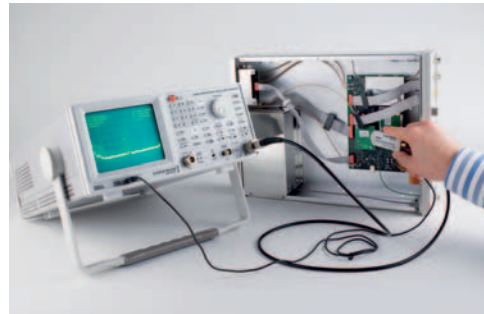
lung. Hält man die H-Feld-Sonde an ein Kabel und analysiert die Signale mit einem Spektrumanalysator, so wird man mit einigem Erstaunen feststellen, dass selbst auf Netzleitungen oder „langsamen“ Datenleitungen wie beispielsweise Telefonleitungen, verblüffend hohe Pegel hochfrequenter Signalanteile (z. B. Harmonische der Clock-signale) 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 ($< 0,3 \text{ pF}$) 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 Tastspitze 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 überragende 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.

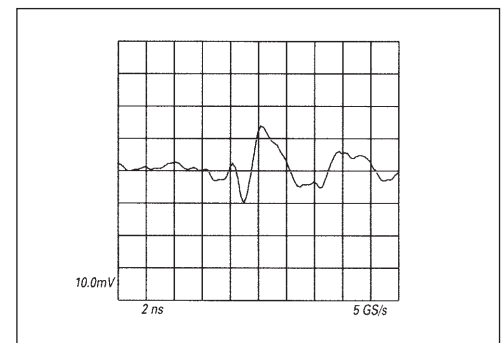


Bild 1: Flächenstromsignal in der Nähe des V_{CC} -Pins eines 74 AC 163

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 hoch auflösenden Sonden, wie einer μH -Feld-Sonde, erkennen.

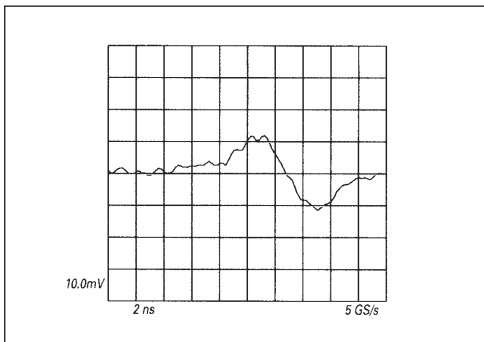


Bild 2: Flächenstromänderung in der Nähe einer Kondensatorgruppe.

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.

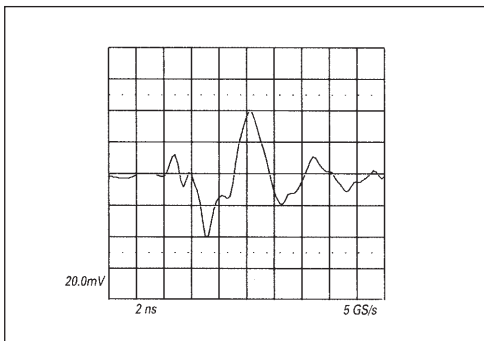


Bild 3: Signal unmittelbar am V_{CC} -Pin eines 74 AC 00

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-

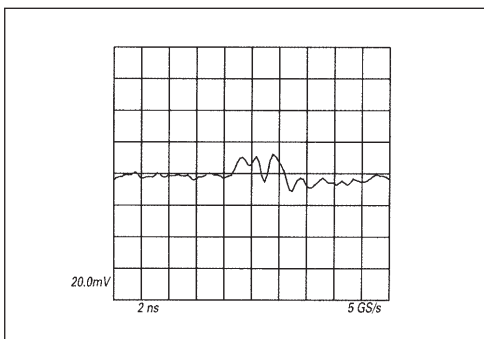


Bild 4: Vergleichssignal bei einem zweistufig gedämpften Stromversorgungssystem

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.

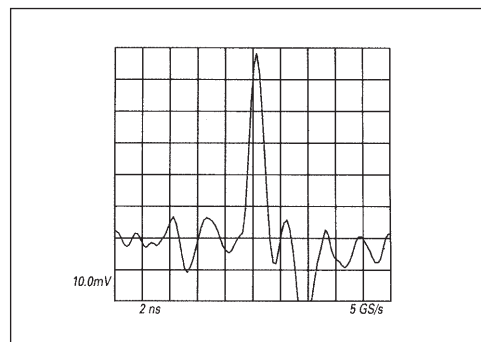


Bild 5: Das μ H-Sondensignal bei einem Aufbau ohne Entstörmaßnahmen

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.

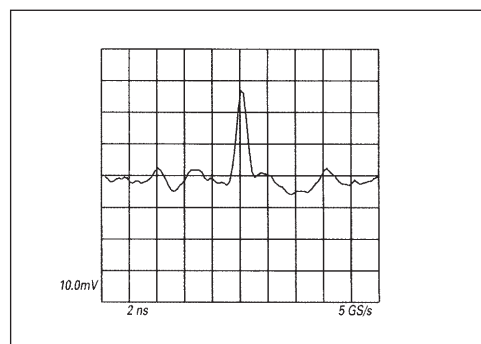


Bild 6: Halbierung der Signalamplitude durch einen Serienwiderstand am Ausgang des Takttreibers

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 koaxialen Ausgang eine Impedanz von $50\ \Omega$. 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 $23\ ^\circ\text{C} \pm 2\ ^\circ\text{C}$

Frequenzbereich: 100 kHz bis 1 GHz

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

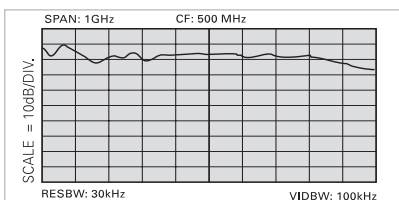
Stromaufnahme: ca. 10 bis 24 mA DC

Sondenmaße: 40 x 90 x 195 mm

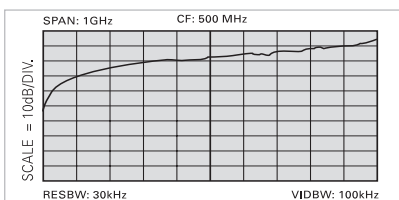
Gehäuse: Kunststoff, innen elektrisch geschirmt

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

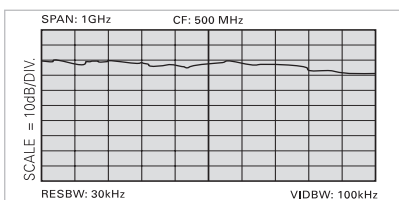
Typischer Frequenzverlauf E-Feld-Sonde



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:	$Z = 50 \Omega \parallel (50 \mu\text{H} + 5 \Omega)$, Fehler < 20 % gemäß VDE 876T1
zul. Betriebsstrom:	16 A
Netzspannung:	230 V/50 - 60 Hz, Cat II
Handnachbildung:	220 pF + 511 Ω
Schutzleiternachbildung:	50 $\mu\text{H} \parallel 50 \Omega$

Transient Limiter

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

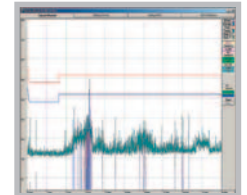
Anschlüsse

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

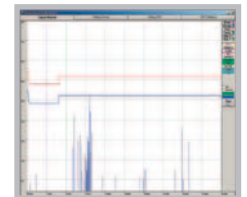
Verschiedenes

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

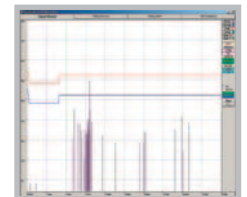
Erfassung leitungsgebundener Störungen mit HM5014-2



Erfassung leitungsgebundener Störungen mit HM5014-2



Erfassung leitungsgebundener Störungen mit HM5014-2



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Steuerbare Messgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

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, die USB 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 OUT-PUT-Taste dem Verbraucher zuschalten.

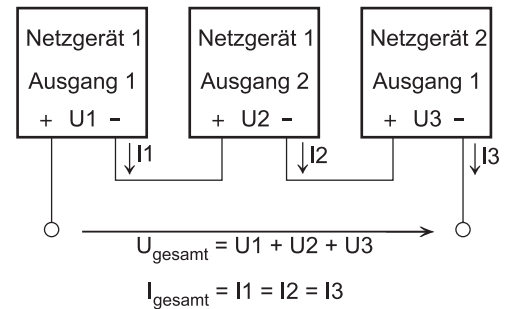
Parallel- und Serienbetrieb

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!

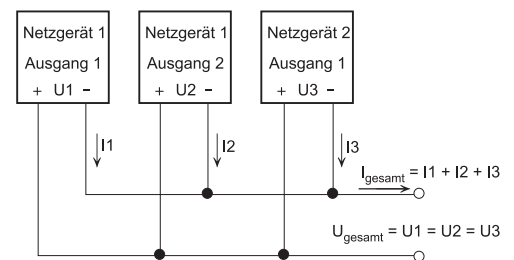
Wie Sie sehen, addieren sich bei dieser Art der Verschaltung die einzelnen Ausgangsspannungen. Die dabei entstehende Ge-



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

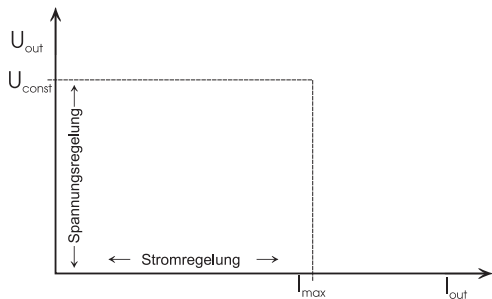
Ist es notwendig, den Gesamtstrom zu vergrößern, werden die Ausgänge der Netzgeräte parallel geschaltet. Die Ausgangsspannungen der einzelnen Ausgänge sind gleich groß und sind begrenzt durch den Ausgang mit der kleinsten maximalen Ausgangsspannung. Der maximal mögliche Gesamtstrom ist die Summe der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



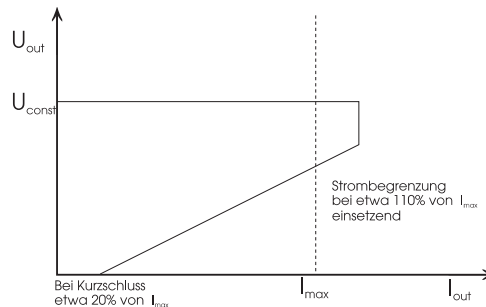
U-I-Kennlinie

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 alle HAMEG Netzgeräte 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.

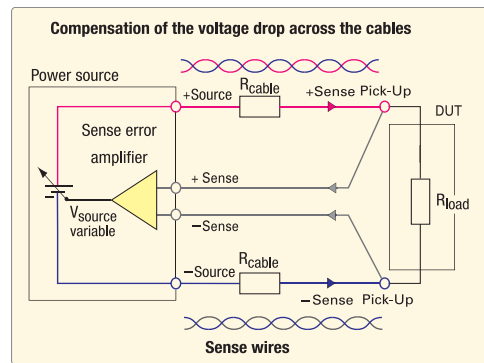
SENSE Betrieb (Zuleitungskompensation)

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. 25W. 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 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.

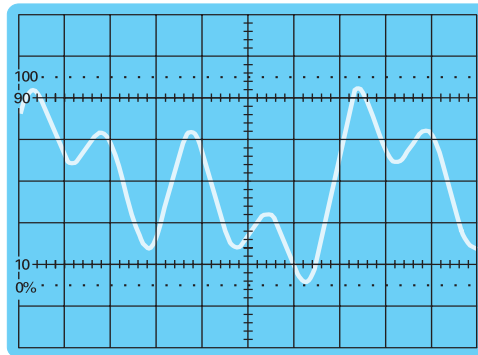
HM8143 Arbitrary Netzgerät

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



Ein Netzgerät für Serien- oder Parallelbetrieb mit 3 galvanisch getrennten, erdfreien Ausgängen, die über Tastendruck ein-/auschaltbar 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 1024 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.

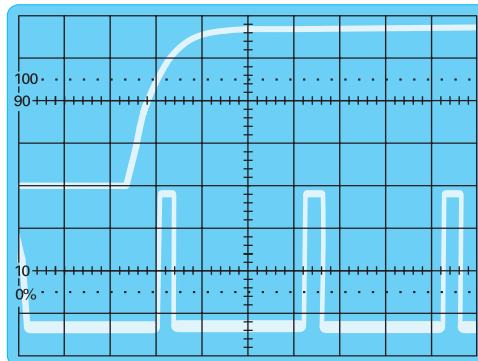


Arbitrarsignal NF

Arbitrary-Signale können über die serielle Schnittstelle, die IEEE-488 Schnittstelle oder die USB Schnittstelle definiert werden.

Modulation

Über die Eingänge an der Geräterückseite lassen sich die 30V-Ausgänge modulieren. Eine hohe Slew Rate von $1\text{V}/\mu\text{s}$ bei der Modulation und eine minimale Pulsbreite von $100\mu\text{s}$ 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 $1\text{V}/\mu\text{s}$

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

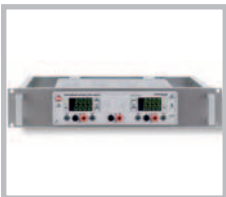
Taste zum Ein-/Ausschalten der Ausgänge

Geringe Restwelligkeit, hohe Ausgangsleistung
und sehr gutes Regelverhalten

Temperaturgeregelter Lüfter

Technische Daten siehe Seite 114

19"-Einbausatz 2 HE für
Gehäusehöhe 75 mm HZ42



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

Geringe Restwelligkeit durch lineare Längsregler

Trackingbetrieb für alle Ausgänge

Einstellbare Strombegrenzung und elektronische Sicherung
separat für jeden Ausgang

SENSE-Anschlüsse für jeden Ausgang

RS-232 Schnittstelle, optional: USB, IEEE-488

Technische Daten siehe Seite 114



H0870 USB Schnittstelle



H0880 IEEE-488
Schnittstelle



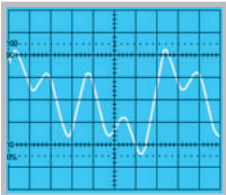
Silikon-Messleitung HZ10



Arbitrary - Netzgerät HM8143



NF-Arbitrarsignal



H0880 IEEE-488
Schnittstelle



H0870 USB-Schnittstelle



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

Auflösung der Anzeige 10 mV/1 mA

Arbitrary-Netzgerät (1024 Stützpunkte, 12 Bit)

Trackingbetrieb für 30V Ausgänge

Externe Modulation der Ausgangsspannungen

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

SENSE-Anschlüsse

Multimeter-Betriebsart für alle einstellbaren Ausgänge

RS-232 Schnittstelle, optional: USB, IEEE-488

Technische Daten siehe Seite 115



Dreifach-Netzgerät HM8040-3



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

3-stellige umschaltbare Anzeige, 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 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 115

Grundgerät HM8001-2



Silikon-Messleitung HZ10



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Steuerbare Messgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Optionen

Zubehör

Technische Daten



HAMEG

Steuerbare Messgeräte Serie 8100

Prüfplätze in der Produktion und automatisierte Testabläufe im Labor sind das ideale Einsatzgebiet für die Systemgeräte von HAMEG. Über den IEEE-488 Bus, die USB Schnittstelle 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.



Multimeter

Das **6½-stellige Multimeter HM8112-3** ist ein leistungsfähiges Präzisionsmessgerät für Entwicklungs- und Forschungslabors, Industrie, Universitäten, Prüffeld, Fertigung und Service. Zu den umfangreichen und praxisnahen Messmöglichkeiten gehören Gleich- und Wechselspannungs-, Gleich- und Wechselstrom-, Widerstands-, Temperatur- und Frequenzmessung. Weiterhin stehen ein akustischer Durchgangsprüfer und eine Diodentestfunktion zur Verfügung. Zur Messung von Wechselgrößen ist das HM8112-3 mit einem Echt-Effektivwertwandler ausgestattet, so dass präzise Messungen auch an nicht-sinusförmigen Signalen möglich sind. Neben einer DC-Grundgenauigkeit von 0,003 % zeichnet sich das HM8112-3 durch die hohe Auflösung bei der Strommessung (100 pA) aus. Mit der Offsetkorrektur lassen sich der Zuleitungs-



Multimeter HM8112-3

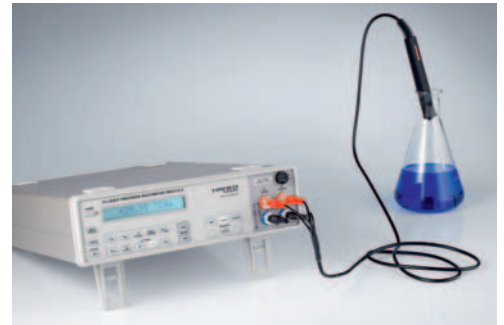
widerstand der Messleitung, Übergangswiderstände und Thermospannungen an den Übergängen verschiedener Metalle eliminieren. Das HM8112-3 ist sowohl für Temperaturmessungen mit Platin-Temperaturfühlern (PT100/PT1000) als auch mit Ni-Thermoelementen (K-Typ bzw. J-Typ) ausgelegt. Die Anzeige des Messwerts erfolgt in Grad Celsius oder Grad Fahrenheit.

Die Abtastrate, das heißt, das zeitliche Intervall, nach dessen Ablauf der jeweilige Messwert zum Messwertspeicher oder zum Display übertragen wird, kann je nach Messgröße und Auflösung von 10 ms bis 60 s eingestellt werden. Ein digitales Filter, das wahlweise den Mittelwert aus 1, 2, 4, 8 oder 16 Messwerten bzw. den gleitenden Mittelwert bildet, dient zur Glättung veräuschter Messsignale.

Mit dem Grenzwertest kann automatisch signalisiert werden, wenn sich Messwerte oberhalb oder unterhalb eines vorgegebenen



Messstellenumschalter H0112



Genauere Temperaturmessung mit Messfühler

nen Grenzwertes befinden. Die weiteren mathematischen Zusatzfunktionen wie Minimum/Maximum, Mittelwertbildung und Offset komplementieren den Funktionsumfang des HM8112-3. Beim Aufnehmen von Messreihen können bis zu 100 Messungen pro Sekunde im internen Messwertspeicher abgelegt werden oder über RS-232, USB oder GPIB übertragen werden. Der interne Datenlogger kann bis zu 32.000 Messwerte aufnehmen und eignet sich durch die variable Messzeit (bis 60 Sekunden) auch für die Aufnahme von Messfolgen über mehrere Tage.

In Verbindung mit dem optional erhältlichen Messstellenumschalter H0112 steht dem Anwender ein Messdatenerfassungssystem mit 9 Kanälen zur Verfügung. Die Messeingänge auf der Gerätevorderseite werden durch 8 weitere, vollwertige Kanäle auf der Rückseite des HM8112-3 erweitert. Die Auswahl der Messstellen erfolgt über die Tastatur oder die Schnittstelle.

Funktionsgeneratoren

HAMEG bietet mit dem **HM8131-2** einen guten und preiswerten Signalgenerator, der in keinem Labor fehlen darf. Der Frequenzbereich reicht von 10 mHz bis 15 MHz. Die eingestellte Signalfrequenz lässt sich auf der Digitalanzeige des Gerätes mit Frequenzählergenauigkeit ablesen. Neben der Funk-



Funktionsgenerator HM8131-2

tion als Arbitrary-Generator besitzt der HM8131-2 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 $20V_{SS}$, ist kurzschlussfest, sowie gegen externe Fremdspannung bis zu $\pm 15V$ geschützt. Bemerkenswert ist die schnelle Anstiegszeit von Rechtecksignalen von $< 10\text{ ns}$ bei kaum vorhandenem Überschwängen.

Der HM8131-2 bietet neben den Grundfunktionen 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.

Der HM8131-2 besitzt eine sehr schnelle Ausgangsstufe mit hoher Bandbreite, niedrigem Rauschen und nur geringem Überschwängen.

Der Funktionsgenerator **HM8150** erzeugt mit seiner direkten digitalen Synthesertechnologie (DDS) frequenzstabile, verzerrungsarme Signale und garantiert somit ein optimales Ergebnis. Der Frequenzbereich reicht von 10 mHz bis 12,5 MHz, wobei sich



Arbitrary-Funktionsgenerator HM8150

die eingestellte Signalfrequenz und –amplitude auf dem kontrastreichen LC-Display präzise ablesen lassen. Der HM8150 ermöglicht einfachen und direkten Zugriff auf Standardsignale wie Sinus, Rechteck, Dreieck, Rampe und Puls mit nur einem Tastendruck. Sinus- und Rechtecksignale können bis zu einer Frequenz von 12,5 MHz erzeugt werden. Dank der schnellen Anstiegszeit von kleiner 10 ns und dem minimalen Überschwängen erzielt der HM8150 eine für seine Preisklasse herausragende Signalqualität im Rechteck- und Pulsbetrieb.

Außerdem bietet die Äbiträrfunktion mit einer Abtastrate von 40 MSa/s dem Anwender die Möglichkeit eigene Signalformen zu erzeugen. Mit der Pulsfunktion können sowohl positive als auch negative Impulse mit variabler Breite ab 100 ns und einer maximalen Wiederholrate von 5 MHz generiert werden.

Der Ausgang liefert eine Signalspannung von bis zu $20V_{SS}$ im Leerlauf, ist kurzschlussfest sowie gegen externe Fremdspannungen bis maximal $\pm 15V$ geschützt. Der Modulationseingang ermöglicht die Amplitudenmodulation des synthetisierten Signals im Bereich von 0 bis 100% mit einer Bandbreite von 20 kHz.

Die einfach zu konfigurierende Sweep-Funktion, die Möglichkeit der externen Triggerung und des externen Gateings runden den Funktionsumfang optimal ab.

Trotz dieser umfangreichen Ausstattung lässt sich das Gerät intuitiv und einfach bedienen.

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. 50 kHz, wobei bis zu 1024 Pa-



Arbitrary Netzgerät HM8143

parameterkombinationen von Spannung und Zeit den Kurvenverlauf des Ausgangssignals bilden.

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

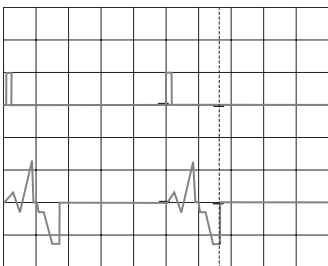
Trigger

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.

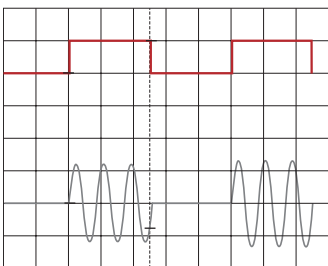
Mit der ansteigenden Flanke des rechteckförmigen Triggersignals beginnt der Sinus. Der „Signal-Zyklus“ endet nach der Komplettierung der Signalperiode, welche der abfallenden Flanke des Triggersignals folgt.

Burstbetrieb

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



Burstsignal mit positivem Trigger

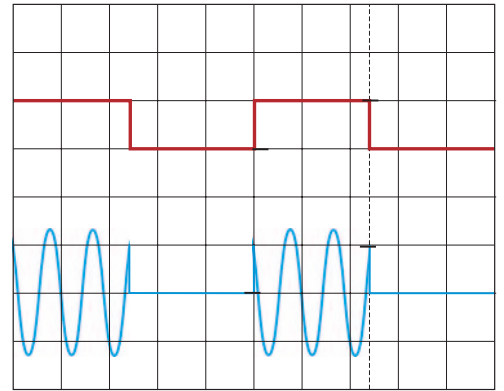


Trigger positive Flanke

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



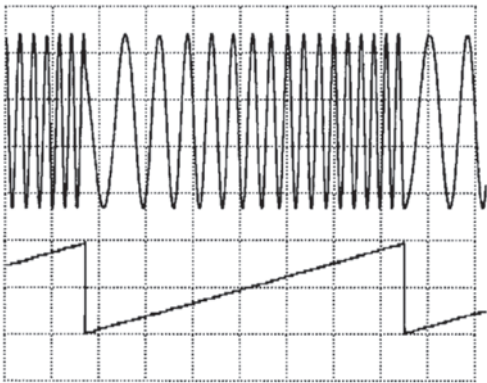
Gate positive Flanke

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.

Wobbelbetrieb (Sweep)

Die aktivierte Wobbelfunktion wird durch eine LED signalisiert. Die Betriebsparameter Sweepzeit, Startfrequenz und Stopffrequenz 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



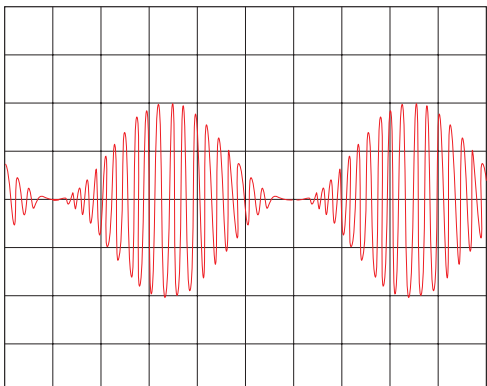
Gewobbeltes Ausgangssignal

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 Stopffrequenz, erfolgt die Wobbelung von der niedrigeren zur höheren Frequenz. Wird die Startfrequenz größer als die Stopffrequenz 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.

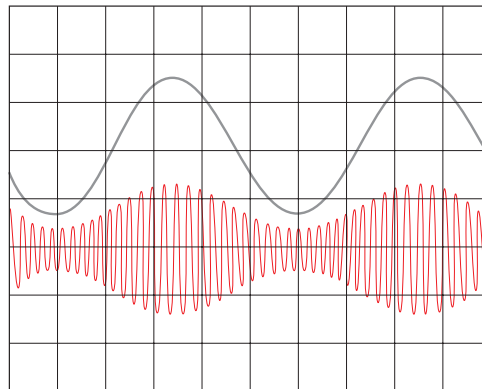
Beim Wobbelvorgang mit dem HM8131-2 wird die Frequenz des Ausgangssignals schrittweise verändert. Dabei wird abhängig von der eingestellten Wobbelzeit eine unterschiedliche Anzahl von Schritten verwendet.

AM Amplitudenmodulation

Bei der Amplitudenmodulation wird einem hochfrequenten Trägersignal ein niederfre-



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

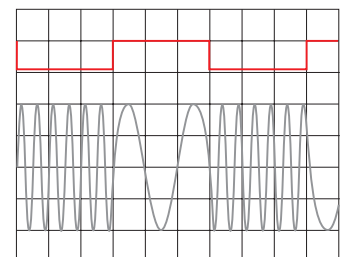


Generator1: $U_e=1,40V_s$, 1 kHz, 1V/div; HM8131-2: $U_a=10V_{SS}$, 20 kHz, 5 V/div; 50 % Modulation am Generator eingestellt

quentes 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

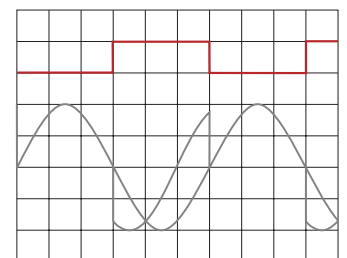
Die Modulationsart FSK, auch Frequenzumtastung genannt, erzeugt ein Signal, welches zwischen zwei vorgegebenen Frequenzen wechselt. Die erste Frequenz „ f_0 “ auch Trägerfrequenz (Carrier) genannt und die zweite Frequenz „ f_1 “ auch als Sprungfrequenz (Hop) bezeichnet. Dieser Wechsel ist abhängig von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



FSK Signal 500 Hz/2 kHz

PSK Phase Shift Keying

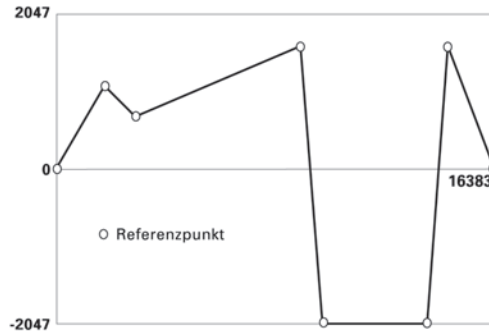
Die Modulationsart PSK, auch Phasenumtastung genannt, erzeugt ein Signal, welches abhängig von einem Triggersignal die Phasenlage wechselt. Das Bild zeigt ein Rechtecksignal mit 5V TTL-Pegel. Ebenfalls ist ein Sinussignal sichtbar, dessen Nulldurchgänge zur gleichen Zeit erfolgen wie die Flanken des Rechtecksignals. Dies ist das nicht phasenverschobene Sinussignal. Das zweite, angeschnittene Sinussignal zeigt das PSK Signal. Dies ist während des HIGH-Pegels um den Phasenwinkel $Ph_0=70^\circ$ und während des LOW-Pegels um $Ph_1=0^\circ$ phasenverschoben.



PSK Signal
 $Ph_0=70^\circ$; $Ph_1=0^\circ$ 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 Signals während einer Periode beschreiben. Die Signale sind vom Anwender innerhalb der vorgegebenen Gerätespezifikationen

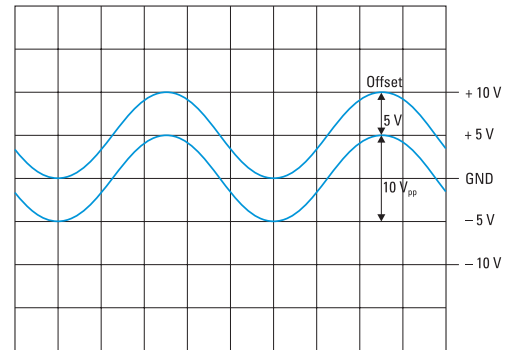


frei bestimmbar und werden im Gerät abgespeichert. Sobald ein Arbitrary-Signal definiert ist, lässt es sich wie jede andere Signalform aufrufen. Arbitrary-Signale können auf verschiedene Arten erstellt werden. Dies geschieht entweder über die Frontplattentastatur und dem in der Firmware integrierten Arbitrary-Editor (HM8131-2) oder über die serienmäßig eingebaute RS-232 Schnittstelle oder über die optionale USB bzw. IEEE-488 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 Hz bis ∞], 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 „Ro-



Maximaler Offset: Diagramm mit zwei Sinuskurven.

sa 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 3 GHz. 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



Universalzähler HM8123

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.

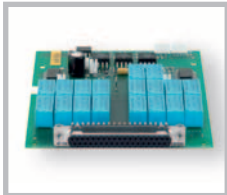
Gate

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.

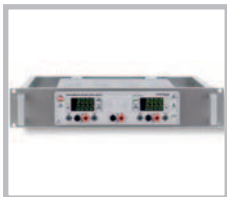
6½ - Digit Präzisions - Multimeter HM 8112 - 3



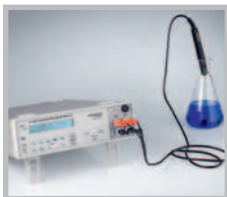
H0112
Messstellenumschalter



HZ42 19" Einbausatz 2HE



Genauere Temperatur-
messung mit Messfühler



6½-stellige Anzeige (1.200.000 Punkte)

Auflösung 100 nV, 100 pA, 100 µΩ, 0,01 °C/F

DC-Grundgenauigkeit 0,003 %

2-Draht/4-Draht Messung

Einstellbare Messintervalle von 0,1 Sek. bis 60 Sek.

Bis zu 100 Messungen pro Sekunde zum PC

Echte Effektivwertmessung AC+DC und AC

Offset-Korrektur

RS-232 Schnittstelle, optional: USB, IEEE-488

Optional: Messstellenumschalter (8 Kanäle)

Technische Daten siehe Seite 116



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 Frequenzrichter geeignet

Frequenzbereich DC bis 1 kHz

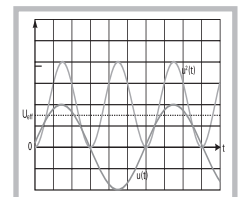
RS-232 Schnittstelle, optional: USB, IEEE-488

Technische Daten siehe Seite 117

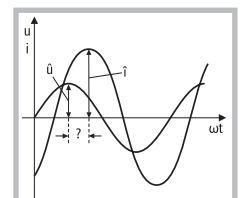
Adapter HZ815



Effektivwert



Wirkleistung



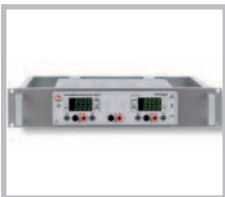
3 GHz Universalzähler HM8123



HZ33, HZ34
Testkabel BNC/BNC



HZ42 19" Einbauszug 2HE



HZ20 BNC-Stecker mit
4mm Buchsen



Frequenzbereich von 0 Hz bis 3 GHz

400 MHz Zeitbasis mit 0,5 ppm Stabilität

Zwei identische Eingänge bis 200 MHz

9 Digit Auflösung bei 1 Sek. Messzeit

9 Messfunktionen, externes Gate und Arming

Eingang für externe Zeitbasis (10 MHz)

Anzeigemodi: numerisch, Balkendiagramm und Frequenzverlauf

OCXO optional

RS-232 Schnittstelle, optional: USB, IEEE-488

Technische Daten siehe Seite 118



15 MHz Arbitrary Funktionsgenerator HM 8131 - 2



Frequenzbereich 100 μ Hz – 15 MHz

DDS-Frequenzsynthese

Eingang für externe Zeitbasis (10 MHz)

6 Standard-Signalformen und Arbitrary

Master-Slave Betrieb für bis zu 3 Generatoren

SRAM Memory Card zur Signalspeicherung (Option H0831)

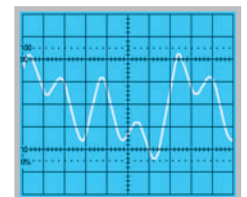
RS-232 Schnittstelle, optional: USB, IEEE-488

Technische Daten siehe Seite 119

H0870 USB Schnittstelle



NF-Arbitrarisignal



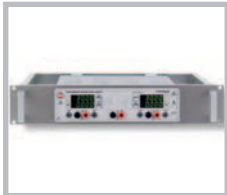
Option H0831
SRAM Memory Card 1 MB



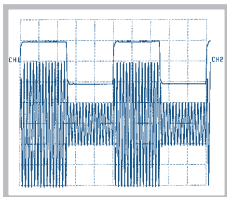
1,2 GHz HF-Synthesizer HM8134-3



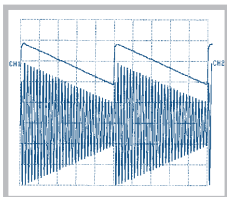
HZ42 19" Einbausatz 2HE



Interne Modulationsquelle



Interne Modulationsquelle



Weiter Frequenzbereich 1 Hz bis 1,2 GHz

Ausgangspegel von -127 dBm bis +13 dBm

Frequenzauflösung von 1 Hz
(Genauigkeit 0,5 ppm)

Eingang für externe Zeitbasis (10 MHz)

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

Schnelle Pulsmodulation: typ. 200 ns Standard

Interner Modulator 10 Hz bis 150 kHz

Hohe spektrale Reinheit

Ocxo optional

RS-232 Schnittstelle, optional: USB, IEEE-488

Technische Daten siehe Seite 120



3 GHz HF-Synthesizer HM8135



Weiter Frequenzbereich 1 Hz bis 3 GHz

Ausgangspegel von -135 dBm bis +13 dBm

Frequenzauflösung von 1 Hz
(Genauigkeit 0,5 ppm)

Eingang für externe Zeitbasis (10 MHz)

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

Schnelle Pulsmodulation: typ. 200 ns Standard

Interner Modulator 10 Hz bis 200 kHz

Hohe spektrale Reinheit

OCXO optional

RS-232 Schnittstelle, optional: USB, IEEE-488

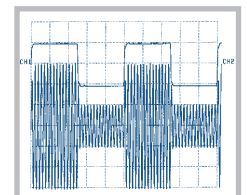
Technische Daten siehe Seite 121



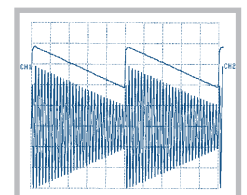
H0870 USB Schnittstelle



Wahl der Modulationsart



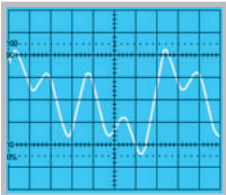
Wahl der Modulationsart



Arbitrary - Netzgerät HM8143



NF-Arbitrarsignal



H0880 IEEE-488
Schnittstelle



H0870 USB-Schnittstelle



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

Auflösung der Anzeige 10 mV/1 mA

Arbitrary-Netzgerät (1024 Stützpunkte, 12 Bit)

Trackingbetrieb für 30V Ausgänge

Externe Modulation der Ausgangsspannungen

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

SENSE-Anschlüsse

Multimeter-Betriebsart für alle einstellbaren Ausgänge

RS-232 Schnittstelle, optional: USB, IEEE-488

Technische Daten siehe Seite 115



12,5 MHz Arbitrary Funktionsgenerator HM 8150



Frequenzbereich 10 mHz bis 12,5 MHz

Ausgangsspannung 20 V_{SS} (Leerlauf)

Anstiegs- und Abfallzeit < 10 ns

Pulsbreiteneinstellung

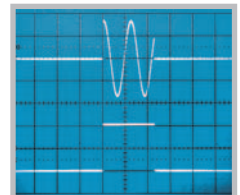
Arbitrary-Generator 40 MSa/s

Burst, Gateing, externe Triggung, Wobbelung

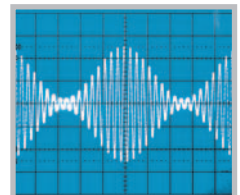
RS-232 Schnittstelle, optional: USB, IEEE-488

Technische Daten siehe Seite 122

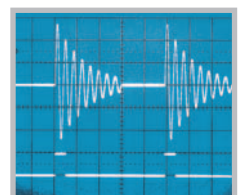
Getasteter Sinus,
Torsteuerung



Sinus mit Amplituden-
modulation



Arbitrarisignal getriggert



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Steuerbare Messgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Optionen

Zubehör

Technische Daten



HAMEG Modularsystem Serie 8000

Das HAMEG Modularsystem Serie 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 Messgeräteausstattungen. Zwei Modulargeräte können gleichzeitig in beliebigen Kombinationen betrieben werden. Somit ist pro Arbeitsplatz 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 36 W bereitgestellt. Normalerweise ist die Leistungsaufnahme eines Moduls kleiner als 12 W. Einzig das Netzgerät HM8040-3 mit einer Ausgangsleistung von 25 W 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 (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 600 V_{DC}/600 V_{AC}, Strommessung von 500 µA bis 10 A, Widerstandsmessung bis 50 MΩ, 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.

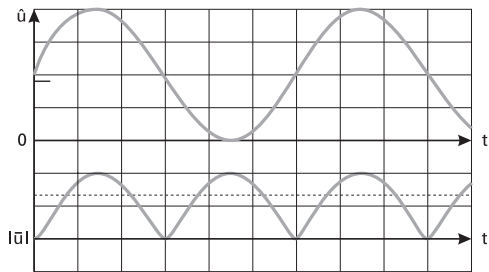
- Ist der Mittelwert = 0, liegt ein reines Wechselsignal vor.
- Für Gleichgrößen ist der Mittelwert = Augenblickswert.

- 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.

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

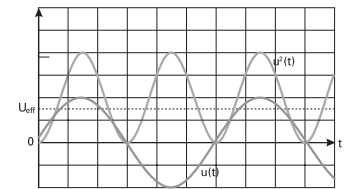
Formfaktor

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:

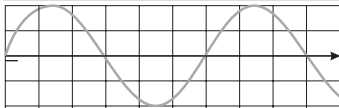



$$F = \frac{U_{\text{eff}}}{|\bar{u}|} = \frac{\text{Effektivwert}}{\text{Gleichrichtwert}}$$

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.

Das **LCR Meter HM8018** ist ein umfangreich ausgestattetes, praxisgerechtes Messgerät. Neben der Messung der Standardparameter L, C und R lassen sich mit dem HM8018 auch Phasenwinkel, Impedanz, Verlust- und

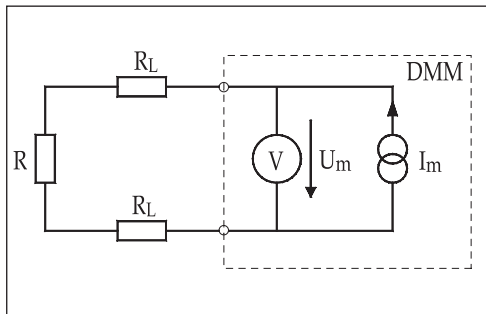


LCR Meter HM8018

Gütefaktor mit einer Grundgenauigkeit von 0,2% ermitteln. Die Bauteile können wahlweise seriell oder parallel gemessen werden. Außerdem ist die Anzeige von Verhältnis, Offset oder relativem Offset möglich, wobei die Berechnung aus aktuellem Messwert und einem gespeicherten Referenzwert erfolgt. Um parasitäre Impedanzen aufgrund der Verbindung zum Prüfling zu kompensieren, steht ein Open/Short-Abgleich zur Verfügung. Mit den fünf umschaltbaren Messfrequenzen (100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 25 kHz) und den sechs Messbereichen, die automatisch oder manuell ausgewählt werden können, ist eine optimale Anpassung der Messbedingungen an den Prüfling möglich. Für Messungen an Elektrolyt- und Tantalkondensatoren stellt das HM8018 eine interne Biasspannung (1 V) zur Verfügung.

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 Messkabelwiderstände mit Hilfe der Offsetkorrektur durchgeführt wird.



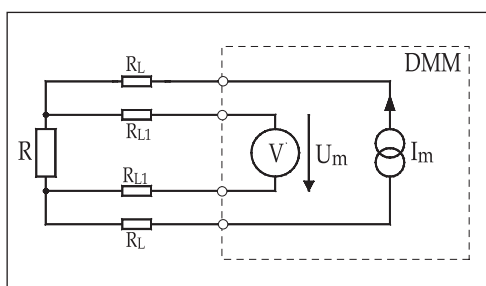
Prinzip der 2-Draht-Widerstandsmessung

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.

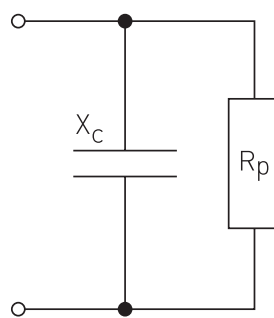
Vierdraht-Widerstandsmessung

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



Prinzip der 4-Draht-Widerstandsmessung

Verlustfaktor eines Kondensator



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

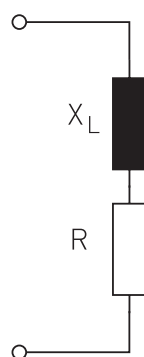
$$\tan \delta = \frac{X_C}{R_p}$$

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

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

- $\tan \delta$ 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

Messstrom in den zu messenden Widerstand R ein (SOURCE).

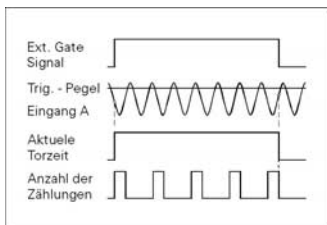
Die „inneren“ Messleitungen mit den Zuleitungswiderständen R_{L1} sind mit dem „SENSE-Eingang“ des Messgerätes verbunden, welches eine hochohmige Eingangsstufe besitzt, so dass es zu einem vernachlässigbaren Spannungsabfall an R_{L1} kommt (SENSE).

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

Signalgeneratoren

HAMEG bietet mit dem Signalgenerator HM8030-6 eine sehr preiswerte Alternative zu Stand-Alone-Geräten.

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.

Netzgerät HM8040-3

Das besonders kompakte und robuste Netzgerätemodul aus dem Modular System 8000 wurde speziell für die Strom- und Spannungsversorgung von Versuchsauf-



bauten 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

Basiseinheit für die Einschubmodule vom Modularsystem Serie 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
HM8021, HM8030-6

Technische Daten siehe Seite 123

Modular System



Grundgeräte HM8001-2,
bis zu 5 sind stapelbar



Option H0801
4 BNC-Buchsen rückseitig



4³/₄ - Digit programmierbares Multimeter HM8012



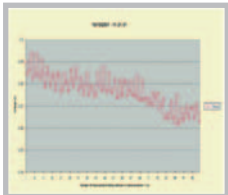
HZ15 (im Lieferumfang)



WDM8012 Software
(im Lieferumfang)



WDM8012 Software
(im Lieferumfang)



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 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 123



LCR - Meter HM8018



Messfunktionen: L, C, R, Θ , Q, D, $|Z|$

Grundgenauigkeit 0,2%

5 Messfrequenzen: 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 25 kHz

Maximale Auflösung: 0,001 Ω , 0,001 pF, 0,01 μH

2- und 4-Draht Messung

Parallel- und Serienmodus

Vorspannung für Elektrolytkondensatoren zuschaltbar

Grundgerät HM8001-2 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 124

Grundgerät HM8001-2



Option HZ18 Kelvin-Messleitung



Option HZ19 SMD-Messpinzette



1,6 GHz Universalzähler HM8021-4



Grundgerät HM8001-2



HZ33, HZ34
Messkabel BNC/BNC



Option H0801, Seite 75



Frequenzbereich von 0 Hz bis 1,6 GHz

10 MHz Zeitbasis mit 1 ppm Stabilität (TCXO)

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 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 124

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 50Ω)

Ausgang kurzschluss- und überspannungsfest

Anstiegs- und Abfallzeit typ. 15 ns

Interne und externe Wobbelung

Pulsbreiteneinstellung

Digitale Frequenzanzeige mit hoher Genauigkeit

Grundgerät HM8001-2 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 125

Option H0801, Seite 75



HZ33, HZ34
Messkabel BNC/BNC



HZ20 Übergang
BNC/Stecker 4mm



Dreifach-Netzgerät HM8040-3



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

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 erforderlich

Technische Daten siehe Seite 115

Grundgerät HM8001-2



Silikon-Messleitung HZ10



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

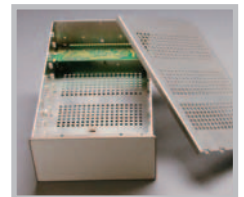
Verfügbare Versorgungsspannungen:
siehe Datenblatt HM8001-2

Grundgerät HM8001-2 erforderlich

Grundgerät HM8001-2



Offenes Leermodul



Prüfadapter HZ809



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Steuerbare Messgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

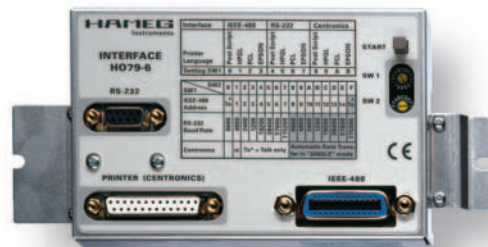
Optionen

Zubehör

Technische Daten



Multifunktions-Schnittstelle H079-6



Bidirektionaler Datentransfer
SCPI Programmierbefehle
direktes Drucken der Signale (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

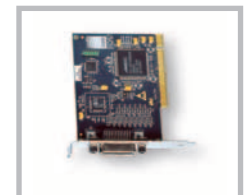
Mit der H079-6 Multifunktions-Schnittstelle ist es möglich, die mit dem Oszilloskop im Digitalbetrieb erfassten Daten an einem handelsüblichen Drucker auszudrucken. Wird die Starttaste betätigt, werden die Daten direkt über eine der 3 Schnittstellen an den Drucker übertragen. Ein PC ist dazu nicht notwendig.

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 der Schnittstelle 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



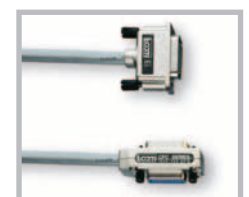
IEEE-488 PC-Schnittstellenkarte 32 bit PCI (H082)



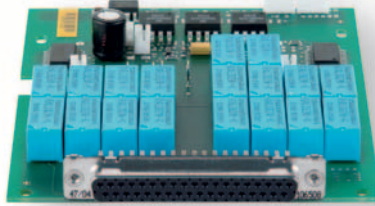
IEEE Schnittstellenkabel HZ72L



IEEE Schnittstellenkabel HZ73



Messstellenumschalter HO112



Technische Daten

Kanäle:	8 (4-polig)
Schaltungsart:	bistabile, potentialfreie Relais
Thermospannung:	typ. 500 nV, max. 1 μ V
Max. Spannung zw. 2 Kontakten:	125V _s
Max. Mess-Spannung:	125V _s (auch über V/Q-Eingang)

DUAL USB / RS-232 Schnittstelle HO720



USB Typ B Stecker

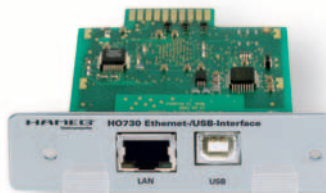
RS-232 9pol. D-Sub Buchse

USB 2.0-Standard

Zum Einbau in Oszilloskope HM1008 und HM1508
und Spektrumanalysator HM5530



DUAL Ethernet / USB Schnittstelle HO730



Ethernet 10/100 MBit/s

zusätzlich integrierter Webserver

Screenshot-Funktion mit Webbrowser

USB 2.0-Standard, USB Typ B Stecker

Zum Einbau in Oszilloskope HM1008 und HM1508



USB Schnittstelle H0870



USB Typ B Stecker

Galvanische Trennung von Messgerät und Schnittstelle

USB 2.0-Standard

Zum Einbau in Steuerbare Messgeräte der Serie 8100



IEEE-488 Schnittstelle H0880



IEEE-488 Schnittstelle

24pol. Anschluss nach IEEE-488 (Buchse)

Galvanische Trennung von Messgerät und Schnittstelle

Bis zu 15 Geräte an einem IEEE-488 Bus

Zum Einbau in Steuerbare Messgeräte der Serie 8100



RS-232 Schnittstelle H0890



RS-232 Schnittstelle nach V.24

9pol. Anschluss D-Sub-Buchse

Galvanische Trennung von Messgerät und Schnittstelle

Zum Einbau in Steuerbare Messgeräte der Serie 8100



Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Steuerbare Messgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Optionen

Zubehör

Technische Daten



H Z 1 0 Silikonumhüllte Messleitung

Silikonumhüllte Messleitung
mit stapelbaren Lamellensteckern.

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

H Z 1 5 PVC umhüllte Messleitung

PVC umhüllte Messleitung mit Prüfspitzen
und Sicherheitssteckern.

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

H Z 1 7 4 - Draht - Messleitung

4-Draht-Messleitung mit Prüfspitze und 5pol. DIN-Stecker
für HM8018.

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

H Z 1 8 Kelvin - Messleitung

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

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

H Z 1 9 SMD - Messpinzette

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

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

H Z 1 6 Messkabel mit Mikroklemmen



Silikonumhüllte 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

H Z 2 0 Adapterstecker

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

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

H Z 2 1 Adapterstecker

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

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

H Z 2 2 Durchgangsabschluss 50 Ω

50 Ω Durchgangsabschluss, 1 GHz, 1 Watt.

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

H Z 2 4 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

H Z 2 6 BNC - T - Adapter

BNC-T-Adapter UG274, 50 Ω.

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

HZ200 Tastkopf 1:1/10:1



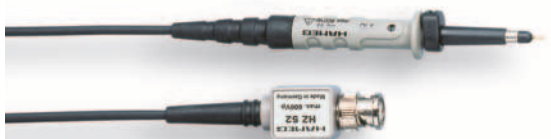
Teilverhältnis:	10:1
Bandbreite:	250 MHz
Anstiegszeit:	< 2,4 ns
Eingangsimpedanz:	10 MΩ 12 pF
Max. Spannung:	400 V (DC + Spitze AC)
NF-Kompensation:	1
HF-Kompensation:	2
Länge:	1,2 m
autom. Teilungsfaktor-Kennung	
Mess-Kategorie:	CAT I

HZ51 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
Mess-Kategorie:	CAT I

HZ52 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
Mess-Kategorie:	CAT I

HZ53 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
Mess-Kategorie:	CAT I

HZ154 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) 600 V (DC + Spitze AC)
NF-Kompensation:	1 bei 10:1
HF-Kompensation:	2 bei 10:1
Länge:	1,2 m
Mess-Kategorie:	CAT I

HZ 100 Differenz-Tastkopf 20:1 / 200:1 Technische Daten bei 23 °C ± 2 °C

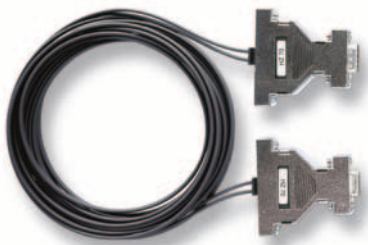
Differenz-Eingangsspannung (DC + Spitze AC) max.:	±700 V
Max. Eingangsspannung je Eingang:	±700 V
Teilverhältnis:	20:1
Umschaltbar:	200:1
Bandbreite:	30/40 MHz
Anstiegszeit:	12/9 ns
Eingangsimpedanz:	8 MΩ 1,2 pF
Ausgangsimpedanz:	50 Ω
Max. Ausgangsspannung:	±3,5V an 1 MΩ
Max. Rauschen:	2 mV
Genauigkeit nach 1min:	±3% (18 °C – 30 °C)
Gleichtaktunterdrückung DC/AC 1 MHz:	70 dB / > 50 dB
Eingänge (CAT III):	2 Sicherheitsbuchsen
Eingangsleitungen:	2 Messleitungen 50 cm mit Federhaken
Batteriebetrieb:	9V Block 6LR61
Anschluss für ext. Stromversorgung:	9...16V DC/30 mA

HZ 109 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:	±3,5V 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 (CAT III):	2 Sicherheitsbuchsen
Eingangsleitungen:	2 Messleitungen 50 cm mit Federhaken
Batteriebetrieb:	9V Block 6LR61
Anschluss für ext. Stromversorgung:	9...16V DC/30 mA

HZ 115 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
Eingänge (CAT III):	2 Sicherheitsbuchsen
Eingangsleitungen:	2 Messleitungen 75 cm mit Sicherheitsprüfspitzen
Batteriebetrieb:	9 V Block 6LR61
Anschluss für ext. Stromversorgung:	9...16 V DC/30 mA

HZ 70 Opto-Schnittstelle

Die Opto-Schnittstelle 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.

HZ 72L IEEE-488 Schnittstellenkabel

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

Länge: 1,5 m - HZ72L

HZ 73 IEEE-488 Schnittstellenkabel

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

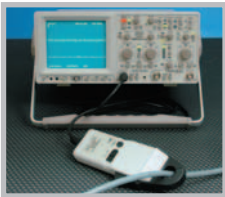
Länge: 2,0 m

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
Mess-Kategorie:	CAT III

HZ812/HZ887 PT100 Temperaturmesssonde



Temperaturmessung mit HZ887 in Verbindung mit HM8112-3



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

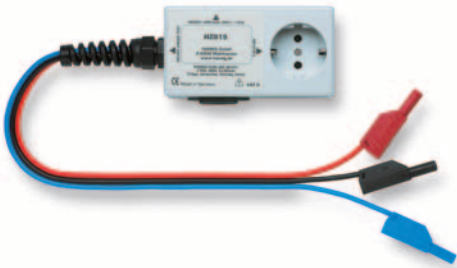


Der HZ560 Transient Limiter dient zum Schutz des Eingangskreises von Spektrumanalysatoren und Messempfängern.

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 HM8115-2

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

HZ809 Prüfadapter Modular System 8000

Prüfadapter für Test und Reparatur der Einschubmodule vom Modularsystem 8000 außerhalb des Grundgerätes HM8001-2. 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

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 2 HE

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

Maße: B440, T360
2 HE: 88 mm

HZ43 19" Einbausatz 3 HE

Zum Einbau der HAMEG Geräte mit einer Gehäusehöhe von 125 mm (außer HM1000, HM1500, HM1008, HM1508).

Maße: B440, T360
3 HE: 132,5 mm

HZ45 19" Einbausatz 4 HE

Zum Einbau der HAMEG Geräte mit einer Gehäusehöhe von 125 mm (für HM1000, HM1500, HM1008, HM1508).

Maße: B440, T360
4 HE: 177 mm

Oszilloskope

Spektrumanalysatoren

EMV-Messtechnik

Netzgeräte

Steuerbare Messgeräte Serie 8100

Modularsystem Serie 8000

Optionen

Zubehör



Technische Daten

Ausstattung	Analog-Oszilloskop	Analog-/Digital-CombiScope®	Analog-/Digital-CombiScope®	Analog-/Digital-CombiScope®
	HM1000	HM1008	HM1508-2	HM2008
Autoset	•	•	•	•
Save-/Recall-Speicher	9	9	9	9
Readout	•	•	•	•
Auto - Messfunktionen	6	10	10	10
Cursor Messfunktionen	7	13	13	13
Frequenzzähler (50 ppm)	0,5 Hz – 200 MHz	0,5 Hz – 200 MHz	0,5 Hz – 250 MHz	0,5 Hz – 250 MHz
Schnittstelle (Standard)	—	RS-232	USB/RS-232	USB/RS-232
Schnittstellen-Optionen	RS-232	USB/RS-232 + →	IEEE-488, Ethernet/USB	
USB-Stick Anschluß	—	—	•	•
Vertikale Kanäle	2	2	2 Analog + 2 Logik	2 + (zusätzlich mit Option HO2010) 4 Logik
Bandbreite (-3 dB)	0-100 MHz	0-100 MHz	0-150 MHz	0-200 MHz
Bandbreitenbegrenzung (20 MHz)	•	•	•	•
Ablenkkoeffizient	1 mV/cm bis 20 V/cm			1 mV/cm bis 5 V/cm
Y-Verzögerungsleitung	•	•	•	•
Triggerbandbreite	0-200 MHz	0-200 MHz	0-250 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, CH 2, Extern, Netz	CH 1, 2, 3 und 4, Netz, Extern	CH 1, CH 2, Extern, Netz + Option 4 Logik
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	4 mit Option HO2010
Triggerschwelle	—	—	TTL, CMOS, ECL, benutzerdefiniert	
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	2 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	2 ns/cm
Variable Hold-Off-Zeit	•	•	•	•
XY-Betrieb	•	•	•	•
X-Verstärker Bandbreite	0-3 MHz	0-3 MHz (analog), 0-100 MHz (digital)	0-3 MHz (analog), 0-150 MHz (digital)	0-3 MHz (analog), 0-200 MHz (digital)
Digital Signalerfassungs- und Anzeigarten	—	Refresh, Envelope, Average, Roll, Single, Peak Detect, XY		
FFT	—	—	•	•
Max. Abtastrate (Random)	—	10 GSa/s	10 GSa/s	20 GSa/s
Max. Abtastrate (Echtzeit)	—	1 GSa/s	1 GSa/s	2 GSa/s
Referenz-Signalspeicher	—	9	9	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		2 M-Samples je Kanal
Pre-/Post-Trigger	—	-100 % bis +400 %		-100 % bis +400 %
Zeitbasis (digital)	—	50 s/cm bis 5 ns/cm		50 s/cm bis 2 ns/cm
Speicher ZOOM (digital)	—	max. 50.000:1		max. 100.000:1
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 W	42 Watt	47 Watt	48 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 Schnittstelle	—	•	•	•
Multifunktions-Schnittstelle	—	—	—	Option
Vertikale Kanäle	2	2	2	2
Bandbreite (-3 dB)	0-35 MHz	0-50 MHz	0-200 MHz	0-50 MHz
Bandbreitenbegrenzung	—	—	•	—
Ablenkkoeffizient	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
Y-Verzögerungsleitung	—	—	•	—
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 Funktion (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 CombiScope® HM507

Produkt siehe Seite 15

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 %
Ablenkoeffizienten:	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 18 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, GND (Ground)
Max. Eingangsspannung:	400 V (DC + Spitze AC)

Triggenung

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)
Triggenanzeige:	mit LED
2. Triggenung:	mit Level-Einst. u. Flankenwahl
Triggenignal 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 bis 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-Triggen:	-10 cm bis +10 cm (kontinuierlich)
Signalerfassungsrate:	max. 180/s
Bandbreite:	2 x 0 – 50 MHz (-3 dB)
Anstiegszeit, Überschwingen:	< 7 ns, ≤ 1 %
Signalspeicher:	3 x 2 k x 8 Bit
Referenz-Signalspeicher:	3 x 2 k x 8 Bit
Mathematik-Signalspeicher:	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:	ΔU, Δt, 1/Δt (f), ta, U 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. Signaldatenabruf)
-----------------------	--

Optional:	HO79-6 (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. + 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. 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 (HZ154)**Optionales Zubehör:**HZ70 Opto-Schnittstelle (mit Lichtleiterkabel)
HO79-6 Multifunktions-Schnittstelle**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 %
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 – 50 MHz (-3 dB))
Variabel (unkal.):	> 2,5:1 bis > 50 V/cm
Eingangsimpedanz:	1 MΩ 18 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, GND (Ground)
Max. Eingangsspannung:	400 V (DC + Spitze AC)

Triggenung

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 CH I/CH II (≥ 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)
Triggenanzeige:	LED
2. Triggenung:	mit Level-Einst. u. Flankenwahl
Triggenignal 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)

Komponententester	
Testspannung:	ca. 7 V _{eff} (Leertlauf)
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 (HZ154)
Optionales Zubehör:
 HZ70 Opto-Schnittstelle (mit Lichtleiterkabel)

200 MHz Analog-Oszilloskop HM2005

Produkt siehe Seite 16

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 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:	DC (0 - 300 MHz)
Aktiver TV-Sync-Separator:	Bild und Zeile, +/-
Triggerung extern:	≥ 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 (-3 dB)
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} (Leertlauf)
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 (HZ52)

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%
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 – 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 (HZ154)

100 MHz Analog-Oszilloskop HM1000-2

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
X in XY-Betrieb:	CH 1
Invert:	CH 1, CH 2
Bandbreite (-3dB):	2 x 0 – 100 MHz
Anstiegszeit:	< 3,5 ns
Überschwingen:	max. 1%
Bandbreitenbegrenzung (zuschaltbar):	ca. 20 MHz (5 mV/cm – 20 V/cm)
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

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:	
6 Digit Auflösung:	>1 MHz – 200 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:	Δt , $1/\Delta t$ (f), t_a , ΔU , U gegen GND, Verhältnis X und Y
Auflösung Readout/Cursor:	1000 x 2000 Punkte
Schnittstellen (plug-in):	RS-232 (H0710), Ethernet
Optional:	Dual-Schnittstelle 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: (Tastkopfabgleich)	1 kHz/1 MHz Rechtecksignal 0,2 V _{SS} (t _a < 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 (HZ200)
Optionales Zubehör:	H0720 Dual-Schnittstelle RS-232/USB H0730 Dual-Schnittstelle Ethernet/USB H0740 Schnittstelle IEEE-488 (GPIB) HZ70 Opto-Schnittstelle (mit Lichtleiterkabel)

100 MHz CombiScope® HM1008

Produkt siehe Seite 14

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
X 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 %
Bandbreitenbegrenzung (zuschaltbar):	ca. 20 MHz (5 mV/cm - 20 V/cm)
Ablenkoeffizienten (CH 1, 2):	14 kalibrierte Stellungen
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:	Flanke/Video
Flankenrichtung:	positiv, negativ, beide
Quellen:	CH 1, CH 2, altern. CH 1/2 (\geq 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
Normal:	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]
Digital-Betrieb	
Pre/Post Trigger:	-100 % bis +400 % auf ganzen Speicher bezogen
Analog-Betrieb	
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 (1-2-5 Schaltfolge)	
Refresh Betriebsart:	20 ms/cm - 5 ns/cm
mit Peak Detect:	20 ms/cm - 2 ms/cm (min. Pulsbreite 10 ns)
Roll Betriebsart:	50 s/cm - 50 ms/cm
Genauigkeit Zeitbasis	
Zeitkoeffizient:	50 ppm
Display:	± 1 %
Speicher Zoom:	max. 50.000:1
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 x 1/Abtastrate bis 4 Million x 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, U _{dc} , U _{pp} , U _{p+} , U _{p-}
zusätzl. im Digitalbetrieb:	U _{effektiv} , U _{Mittelwert}
Cursor Messfunktionen:	
Analog-Betrieb:	Δt, 1/Δt (f), t _a , ΔU, U gegen GND, Verhältnis X und Y
zusätzl. im Digitalbetrieb:	U _{ss} , U _{s+} , V _{s-} , V _{Mittelwert} , V _{eff} , Impulszähler
Auflösung Readout/Cursor:	1000 x 2000 Punkte, Signale: 250 x 2000
Schnittstellen (plug-in):	RS-232 (HO710)
Optional:	IEEE-488, Ethernet, Dual-Schnittstelle RS-232/USB

Mathematische Funktionen	
Anzahl der Formelsätze:	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} (Tastkopfabgleich) (t _a < 4 ns)
Strahlendrehung:	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 Teilungsfaktorkennung (HZ200), Windows Software für Gerätesteuerung und Datentransfer
Optionales Zubehör:	HO720 Dual-Schnittstelle RS-232/USB HO730 Dual-Schnittstelle Ethernet/USB HO740 Schnittstelle IEEE-488 (GPIB) HZ70 Opto-Schnittstelle (mit Lichtleiterkabel)

150 MHz Mixed Signal CombiScope® HM1508-2

Produkt siehe Seite 13

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
X 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 %
Bandbreitenbegrenzung (zuschaltbar):	ca. 20 MHz (5 mV/cm - 20V/cm)
Ablenkoeffizienten (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):	> 2.5:1 bis > 50V/cm
Eingänge Kanal 1, Kanal 2:	
Eingangsimpedanz:	1 MΩ 15 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, GND (Ground)
Max. Eingangsspannung:	400V (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: 100V DC + Spitze AC
Funktion (wählbar):	Extern Trigger, Z (Helltastung)
Kopplung:	AC, DC
Max. Eingangsspannung:	100V (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:	
Norm:	pos./neg. Sync. Impulse 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 (0,3V _{SS} , 150 MHz)
Kopplung:	AC, DC
Max. Eingangsspannung:	100V (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 (1-2-5 Schaltfolge)

Refresh Betriebsart:	20 ms/cm - 5 ns/cm
mit Peak Detect:	20 ms/cm - 2 ms/cm (min. Pulsbreite 10 ns)
Roll Betriebsart:	50 s/cm - 50 ms/cm

Genauigkeit Zeitbasis

Zeitkoeffizient:	50 ppm
Anzeige:	± 1 %
Speicher Zoom:	max. 50.000:1
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):	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 x 1/Abtastrate bis 4 Million x 1/Abtastrate
Signalwiederholrate:	max. 170/s bei 1 M-Punkte
Darstellung:	Dots (nur erfasste Punkte), Vektor (Interpolation), Optimal (Vektoranzeige mit kompl. Speichergewichtung)
Anzahl Referenzspeicher:	9 Speicher mit 2k-Punkte (für gespeicherte Kurven)
Anzeige:	2 Signale von 9 (frei wählbar)

FFT- Betriebsart

Anzeige X:	Frequenzbereich
Anzeige Y:	Echtheffektivwert der Spektrallinien
Skalierung:	Linear oder logarithmisch
Pegelanzeige:	dBV, V
Fenster:	Rechteck, Hanning, Hamming, Blackmann
Einstellung:	Mittenfrequenz, Span
Marker:	Frequenz, Amplitude
Zoom (Frequenzachse):	x10

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)
USB Memory-Stick:	
Save/Recall extern:	Geräteeinstellungen und Signale: CH 1, 2 und CH 3, 4 oder ZOOM oder Referenz oder Mathematik)

Screen-shot:	als Bitmap
Signalanzeigedaten (2k pro Kanal):	Binär (SCPI-Rohdaten), Text (ASCII-Format), CSV (Tabellenkalkulation)
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, Udc, Upp, Up+, Up-
zusätzl. im Digitalbetrieb:	U_{eff} , $U_{Mittelwert}$
Cursor Messfunktionen:	
Analog-Betrieb:	Δt , $1/\Delta t$ (f), t_a , ΔU , U gegen GND, Verhältnis X und Y
zusätzl. im Digitalbetrieb:	U_{SS} , U_{S+} , V_{S-} , $V_{Mittelwert}$, V_{eff} , Impulszähler
Auflösung Readout/Cursor:	1000 x 2000 Punkte, Signale: 250 x 2000
Schnittstellen (plug-in):	USB/RS-232 (HO720)
Optional:	IEEE-488, Ethernet/USB

Mathematische Funktionen

Anzahl der Formelsätze:	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} (Tastkopfabgleich) ($t_a < 4$ ns)
Strahldrehung:	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 mit Teilungsfaktorkennung (HZ200), Windows Software für Gerätesteuerung und Datentransfer

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

200 MHz CombiScope® mit FFT HM2008

Produkt siehe Seite 12

Vertikalablenkung

Kanäle:	
Analog:	2
Digital:	2 + (zusätzlich mit Option HO2010) 4 Logikkanäle
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) oder Addition. Logiksignal Kanäle (LCH 0 - 3) zuschaltbar.
X in XY-Betrieb:	CH 1
Invert:	CH 1, CH 2
Bandbreite (-3 dB):	2 x 0 - 200 MHz
Anstiegszeit:	< 1,75 ns
Überschwingen:	max. 1 %
Bandbreitenbegrenzung (zuschaltbar):	ca. 50 MHz (5 mV/cm - 5 V/cm)
Ablenkkoeffizienten (CH 1, 2):	12 kalibrierte Stellungen
1 mV – 2 mV/cm:	± 3 % (0 - 100 MHz [-3 dB])
5 mV – 5 V/cm:	± 3 % (1-2-5 Schaltfolge)
variabel (unkalibriert):	1 mV/cm bis 5 V/cm, kontinuierlich
Eingänge Kanal 1, Kanal 2:	
Eingangsimpedanz:	1 M Ω 15 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, 50 Ω , GND (Ground)
Offseteinstellung:	
1 mV, 2 mV	$\pm 0,2$ V
5 mV – 50 mV	± 1 V
100 mV – 5 V	± 20 V
Max. Eingangsspannung:	200 V (DC + Spitze AC), 50 Ω < 5 V_{eff}
Y Verzögerungsleitung:	70 ns
Messstromkreise:	Messkategorie I
Analog-Betrieb:	
Hilfseingang (AUXILIARY INPUT):	
Funktion (wählbar):	Extern Trigger, Z (Helltastung bei Analogbetrieb)
Kopplung (Ext. Trig. /Z):	alle / AC, DC
Max. Eingangsspannung:	100 V (DC + Spitze AC)
Digital-Betrieb:	
Logik Kanäle in Verbindung mit Option HO2010:	
Anzahl:	4 (LCH 0 - 3)
Standard-Schaltswellen:	TTL, CMOS, ECL (für alle gemeinsam)
Benutzerdefinierbare Schaltswellen:	3
im Bereich:	-2V bis +8V (für alle gemeinsam)

Triggenung

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:	AUXILIARY INPUT (0,3 V_{SS} , 0 - 200 MHz)
Kopplung:	AC, DC
Max. Eingangsspannung:	100 V (DC + Spitze AC)

Digital-Betrieb:	
Pre/Post Trigger:	-100 % bis +400 % auf ganzen Speicher bezogen
Logik (mit Option H02010):	AND/OR, WAHR/UNWAHR
Quelle:	Logic Channel 0 -3
Beschaffenheit:	X, H, L

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

Horizontalablenkung

Analog-Zeitbasis	
Betriebsarten:	A, ALT (alternierend A/B), B
Zeitkoeffizient A:	0,5 s/cm - 20 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
Zeitkoeffizient B:	20 ms/cm - 20 ns/cm (1-2-5 Schaltfolge)
Genauigkeit A und B:	± 3 %
X-Dehnung x10:	bis 2 ns/cm
Genauigkeit:	± 5 %
Variabler Zeitkoeffizient A/B:	cont. 1:2,5
Hold-off Zeit:	variabel bis 1:10 (LED-Anzeige)

Analog XY-Betrieb	
Bandbreite X-Verstärker:	0 - 3 MHz (-3 dB)
XY-Phasendifferenz:	< 3° < 200 kHz

Digital-Zeitbasis

Zeitbasisbereich (1-2-5 Schaltfolge)	
Refresh Betriebsart:	50 s/cm - 2 ns/cm
mit Peak Detect:	50 s/cm - 2 ms/cm (min. Pulsbreite 10 ns)
Roll Betriebsart:	50 s/cm - 50 ms/cm

Genauigkeit Zeitbasis	
Zeitkoeffizient:	50 ppm
Anzeige:	± 1 %

Speicher Zoom:	max. 100.000:1
----------------	----------------

Digital XY-Betrieb	
Bandbreite X-Verstärker:	0 - 200 MHz (-3 dB)
XY-Phasendifferenz:	< 3° < 200 MHz

Digitale Speicherung

Abtastrate (Echtzeit):	Analogsignal Kanäle: max. 2 x 1 GSa/s oder 2 GSa/s interleaved; Logiksignal Kanäle: max. 4 x 500 MSa/s
------------------------	---

Abtastrate (Random Sampling):	20 GSa/s
Bandbreite:	2 x 0 - 200 MHz (Random)
Speicher:	2 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 x (1/Abtastrate) 4 Million x (1/Abtastrate)

Signalwiederholrate:	max. 170/s bei 2 M-Punkte
Darstellung:	Dots (nur erfasste Punkte), Vektor (Interpolation), Optimal (Vektoranzeige mit kompl. Speichergewichtung)

Anzahl Referenzspeicher:	9 Speicher mit 2k-Punkte (für gespeicherte Kurven)
Anzeige:	2 Signale von 9 (frei wählbar)

FFT- Betriebsart

Anzeige X:	Frequenzbereich
Anzeige Y:	Echtheffektivwert der Spektrallinien
Skalierung:	Linear oder logarithmisch
Pegelanzeige:	dBV, V
Fenster:	Rechteck, Hanning, Hamming, Blackmann
Einstellung:	Mittenfrequenz, Span
Marker:	Frequenz, Amplitude
Zoom (Frequenzachse):	x10

Bedienung/Messung/Schnittstellen

Bedienung: Menü (mehrsprachig), Autoset, Hilfsfunktionen (mehrsprachig)	
Save/Recall intern:	
analog:	9 Geräteeinstellungen
digital:	9 Signalkurven (je 2k) mit Geräteeinstellungen

Signalquellen:	CH 1, CH 2, LCH 0 - 3, ZOOM, Referenz 1-9 oder Mathematik
----------------	---

Signalanzeige:	max. 6 Signalkurven
----------------	---------------------

USB Memory-Stick:	
Save/Recall extern:	
Geräteeinstellungen und Signale:	CH1, CH2, LCH 0 - 3, ZOOM, Referenz 1-9 oder Mathematik

Screen-shot:	als Bitmap
--------------	------------

Signalanzagedaten (2k pro Kanal):	Binär (SCPI-Rohdaten), Text (ASCII-Format), CSV (Tabellenkalkulation)
-----------------------------------	---

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, Udc, Upp, Up+, Up-
zusätzl. im Digitalbetrieb:	Ueff, UMittelwert

Cursor Messfunktionen:	
Analog-Betrieb:	Δt , $1/\Delta t$ (f), t_a , ΔU , U gegen GND, Verhältnis X und Y
zusätzl. im Digitalbetrieb:	Uss, Us+, Us-, Umittelwert, Ueff, Impulszähler

Auflösung Readout/Cursor:	1000 x 2000 Punkte, Signale: 250 x 2000
---------------------------	---

Schnittstellen (plug-in):	USB/RS-232 (H0720)
---------------------------	--------------------

Optional:	IEEE-488, Ethernet/USB
-----------	------------------------

Mathematische Funktionen

Anzahl der Formelsätze:	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} (Tastkopfableich)
Strahlendrehung:	elektronisch
Netzanschluss:	105 - 253 V, 50/60 Hz ± 10 %, CAT II
Leistungsaufnahme:	48 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 (HZ200), Windows Software für Gerätesteuerung und Datentransfer
Optionales Zubehör:
 H0730 Dual-Schnittstelle Ethernet/USB
 H0740 Schnittstelle IEEE-488 (GPIB)
 HZ70 Opto-Schnittstelle (mit Lichtleiterkabel)

Funktionen	Synthesizergesteuerte Spektrumanalysatoren		
	HM5510	HM5014-2	HM5530
Frequenz			
Messbereich	150 kHz bis 1 GHz	150 kHz bis 1 GHz	100 kHz bis 3 GHz
Einstellbereich (Mittelfrequenz)	0 kHz bis 1,05 GHz	0 kHz bis 1,05 GHz	0 kHz bis 3 GHz
Einstellgenauigkeit	1 kHz	1 kHz	1 kHz
Span (Schaltfolge 1-2-5)	1 MHz bis 1 GHz	1 MHz bis 1 GHz	1 MHz bis 3 GHz
Zero-Span	•	•	•
Full-Span	•	•	•
Auflösungsbandbreiten	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/50 kHz
Sweepzeit (autom. Umschaltung)	20 ms	40 ms, 320 ms	40 ms, 80 ms, 160 ms, 320 ms, 1000 ms
Amplitude			
Messbereich	-100 bis +10 dBm	-100 bis +10 dBm	-110 bis +20 dBm
Eingangsimpedanz	50 Ω	50 Ω	50 Ω
Eingangsteiler (10 dB Schritte)	0 - 40 dB	0 - 40 dB	0 - 50 dB
Max. Referenzpegel	+10 dBm	+10 dBm	+20 dBm
Referenz-Auflösung	0,5 dBm	0,4 dBm	0,2 dBm
Skalierung	10 dB/div.	10 dB/div., 5 dB/div.	10 dB/div., 5 dB/div.
Einheiten (umschaltbar)	—	—	dBm, dBmV, dBμV
Markerfunktionen	Signalfrequenz, Pegel	Signalfrequenz, Pegel	Signalfrequenz, Pegel, Pegeldifferenz
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	200 Punkte	200 Punkte
X-Auflösung, Anzeige (10 div)	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 Ω		- 50 dBm bis +1 dBm	
Auflösung		0,2 dB	
Schnittstelle	—	RS-232	RS-232, USB (optional)
Stromversorgung	105 - 253 V~	105 - 253 V~	105 - 253 V~

1 GHz Spektrumanalysator 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 (6 1/2 Digit im Readout)
Mittenfrequenzeinstellbereich:	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, 6 1/2 digit,
Amplitudenauflösung:	0,4 dB, 3 1/2 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 10dB 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 (200 MHz, 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:	Mittenfrequenz, Referenz- und Mitlaufgeneratorpegel
Eingabe Drehgeber:	Mittenfrequenz, Referenz- und Mitlaufgeneratorpegel, Marker
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

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:	ca. 6,5 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

*) Nur in Verbindung mit Software AS100E

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung, HZ21 Adapterstecker (N-Stecker auf BNC-Buchse) und Software für Windows auf CD-Rom**Optionales Zubehör:**

HZ70 Opto-Schnittstelle (mit Lichtleiterkabel)

HZ520 Ansteckantenne

HZ530 Sondensatz für EMV-Diagnose

1 GHz Spektrumanalysator HM5510

Produkt siehe Seite 28

Frequenzeigenschaften

Frequenzbereich:	0,15 MHz bis 1,050 GHz
Stabilität:	±5 ppm
Alterung:	±1 ppm/Jahr
Auflösung Frequenzanzeige:	1 kHz (6½-Digit im readout)
Mittelfrequenzeinstellbereich:	0 bis 1,050 GHz
Frequenzgenerierung:	TCXO mit DDS (digitale Frequenzsynthese)
Spannbereich:	Zero-Span u. 1 MHz – 1000 MHz (Schaltfolge 1-2-5)

Marker:	
Frequenzauflösung:	1 kHz, 6½-Digit,
Amplitudenauflösung:	0,5 dB, 3½-Digit

Auflösungsbandbreiten

(RBW) @ 3dB:	500 kHz und 20 kHz
Video-Filter (VBW):	4 kHz
Sweepzeit:	20 ms

Amplitudeneigenschaften (Marker bezogen) 150 kHz-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):	2 Zeilen x 20 Zeichen, Centerfrequenz, Span, Markerfrequenz, Ref-Level, Marker-Level
Eingangsteiler (Attenuator):	0 - 40 dB (10 dB-Schritte)
Eingangsteilergenauigkeit bezogen auf 10 dB:	±1 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.:	-100 dBm bis +10 dBm
Genauigkeit des Referenzpegels bezogen auf 500 MHz, 10 dB Attn. Zero Span und RBW 500 kHz:	±2 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 Buchse
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
Testsignalausgang:	N-Buchse, Ausgangsimpedanz 50 Ω
Frequenz:	10 MHz
Pegel	0 dBm (±3 dB)

Funktionen

Eingabe Tastatur:	Mittelfrequenz, Referenzpegel
Eingabe Drehgeber:	Mittelfrequenz, Referenz- und Mittelfrequenzgeneratorpegel, Marker; Intensität (CRT), Kontrast (LCD)

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. 31 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:	ca. 5,6 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung, HZ21 Adapterstecker (N-Stecker auf BNC-Buchse)**Optionales Zubehör:**HZ520 Ansteckantenne
HZ530 Sondensatz für EMV-Diagnose

3 GHz Spektrumanalysator HM5530

Produkt siehe Seite 30

Frequenzeigenschaften

Frequenzbereich:	100 kHz bis 3 GHz
Frequenzerzeugung:	TXCO mit DDS (digitale Frequenzsynthese)
Stabilität:	± 1 ppm
Alterung:	± 1 ppm/Jahr
Auflösung Frequenzanzeige:	1 kHz (6½-Digit Readout)
Mittelfrequenzeinstellbereich:	0 bis 3 GHz
Mittelfrequenztoleranz:	± 1 kHz
Spanbereich:	0 (zero span) und 1 bis 3000 MHz

Amplitudeneigenschaften

Anzeigebereich:	-110 dBm bis +20 dBm
Skalierung:	10 oder 5 dB/div, umschaltbar auf dBm, dBmV, dBµV
Dynamikbereich:	80 dB (10 dB/div), 40 dB (5 dB/div)
Amplitudenfrequenzgang (bei ATT 10 dB, Zero Span, 1 MHz – RBW, Signal -20 dBm):	± 3 dB
Anzeige Bildröhre (CRT):	8 cm x 10 cm
Anzeigecharakteristik:	logarithmisch
Anzeigeeinheit:	dB (dBm, dBmV, dBµV)
Eingangsteiler (Attenuator):	0 bis 50 dB (10 dB-Stufen)
Toleranz:	± 2 dB, bezogen auf 10 dB
Max., dauernd zul. Eingangspegel:	
Abschwächung 10 – 50 dB:	+ 20 dBm (0,1 W)
Abschwächung 0 dB:	+ 10 dBm
Max. zul. Gleichspannung:	± 25 V
Referenzpegel:	
Einstellbereich:	-110 dBm bis +20 dBm
Toleranz, bezogen auf 1500 MHz, ATT 10 dB, Zero Span, RBW 1 MHz:	± 1 dB
Min. Rauschpegelmittelwert (RBW 9 kHz):	
150 kHz – 1,5 MHz:	-90 dBm
1,5 MHz – 2,6 GHz:	-100 dBm
2,6 GHz – 3,0 GHz:	-90 dBm
Intermodulationsabstand 3. Ordnung:	
2 Signale je -33 dBm,	
Abstand > 3 MHz:	> 75 dBc
Abstand harmonischer Verzerrungen (2. Harm. bei -30 dBm, ATT 0 dB, Frequenzabstand > 3 MHz):	> 75 dBc
Bandbreitenabhängiger Amplitudenfehler, bezogen auf RBW 1 MHz, Zero Span:	± 1 dB
Digitalisierung:	± 1 Digit (0,4 dB) bei 10 dB/div Skalierung (average, Zero Span)

Marker/Deltamarker

Frequenzauflösung:	Span/2000, max. 1 kHz, 6½-Digit
Frequenzgenauigkeit:	± (1 kHz + Mittelfrequenztoleranz + 0,02 % x Span)
Amplitudenauflösung:	0,4 dB, 3½-Digit

Bandbreiten

Auflösebandbreiten (RBW) [-6 dB]:	1 MHz, 120 kHz, 9 kHz
Videobandbreiten (VBW):	50 kHz, 4 kHz
mit automatischer Umschaltung der Sweepzeit:	40, 80, 160, 320 und 1000 ms

Eingänge/Ausgänge

Messeingang:	N-Buchse
Eingangsimpedanz:	50 Ω
VSWR (ATT 10dB):	typ. 1,5 : 1
Testsignalausgang:	N-Buchse
Ausgangsimpedanz:	50 Ω
Frequenz:	50 MHz ± 1 kHz
Pegel:	-10 bis 0 dBm (in 0,2 dB-Stufen)
Genauigkeit des Pegels:	± 1 dB
Versorgungsausgang für Sonden:	6 V _{DC} , max. 100 mA (2,5 mm DIN Klinkestecker)
Audioausgang (Phone):	3,5 mm DIN Klinkestecker
RS-232 Schnittstelle:	9 pol. Submin-D

Eingang für ext. Trigger:	BNC-Buchse
Digitales Signal:	
Low Pegel:	0 bis +0,8V
High Pegel:	+2,5V bis +5,0V

Funktionen

Eingabe Tastatur:	Mittelfrequenz, Span, Startfrequenz, Stopfrequenz, Marker, Deltamarker, Referenzpegel, Testsignalpegel.
Eingabe Drehgeber:	Mittelfrequenz, Span, Startfrequenz, Stopfrequenz, Marker, Deltamarker, Referenzpegel, Testsignalpegel, Helligkeit, Schärfe, Strahldrehung, Lautstärke.
„Max. Hold“ – Funktion:	Spitzenwertdetektion
AVG (average):	Mittelwertbildung
Referenzkurve:	Speichertiefe: 2 k x 8 Bit
SAVE/RECALL:	Speicherung und Aufruf von 10 Geräteeinstellungen
AM-Demodulation:	für Audio (Kopfhöreranschluss)
REMOTE:	Anzeige/Aufheben der Schnittstellensteuerung über RS-232
Readout:	Messparameteranzeige

Verschiedenes

Bildröhre (CRT):	D 14-363GY, 8 cm x 10 cm Innenraster
Beschleunigungsspannung:	ca. 2 kV
Strahldrehung:	auf der Frontplatte einstellbar
Arbeitstemperaturbereich:	+ 10 bis + 40 °C
Lagertemperatur:	- 40 bis + 70 °C
Netzanschluss:	105 bis 254 V _{AC} , 50 bis 60 Hz, ca. 37W, CAT II
Schutzart:	Schutzklasse I mit Schutzleiter, EN(IEC) 61010-1
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm verstellbarer Aufstell-/Tragegriff
Farbe:	techno-braun
Gewicht:	ca. 6,5 Kg

Bei 23°C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung, CD-ROM, HZ21 Adapterstecker (N-Stecker auf BNC-Buchse).

Optionales Zubehör:

HZ70 Opto-Schnittstelle
HZ520 Ansteckantenne
HZ530 Sondensatz für EMV-Diagnose
HZ560 Transient limiter
HZ575 75/50-Ω-Konverter

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	5V 2A	0 bis 32V 3A
Ausgang Ch3	5V 1A	0 bis 32V 2A	0 bis 30V 2A	0 bis 32V 3A
Ausgang Ch4				0 bis 32V 3A
Stör/Brumm effektiv	≤ 1 mV	≤ 100 μV	≤ 5 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	5 mA - 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 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
Besondere Merkmale	Grundgerät HM8001-2 notwendig Temperatur- sicherung	Temperaturgere- gelter Lüfter	Eingabe von Arbitrarisignalen via Schnittstelle	Tracking Betrieb für alle Kanäle Ziffernblock zur Parametereingabe

Dreifach-Netzgerät HM7042-5

Produkt siehe Seite 48

Ausgänge

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

Ausgang I + III (32V)

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:	32,00V (4 Digit) / 2,000 A (4 Digit)
Auflösung:	0,01 V / 1 mA
Anzeigegenauigkeit:	± 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:	5,50V (3 digit) / 5,00 A (3 Digit)
Auflösung:	0,01 V / 10 mA
Anzeigegenauigkeit:	± 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:** HZ10S/R Silikonumhüllte Messleitung
HZ42 19" Einbausatz 2HE**Vierfach Hochleistungs-Netzgerät HM7044**

Produkt siehe Seite 49

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

Konstant-Spannungsquelle

Spannungseinstellung:	0-32V 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:	32V max.
Ausgangsstrom:	12 A max. bei 4 Ausgängen
Ausgangsleistung:	384 W max.

Serien-Betrieb

Ausgangsspannung:	128V 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)

Schnittstelle

Schnittstelle:	RS-232 (serienm.), IEEE-488 oder USB (optional)
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 / 230V- $\pm 10\%$, 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:** HZ10S/R Silikonumhüllte Messleitung,
H0870 USB Schnittstelle, H0880 IEEE-488 Schnittstelle,
H0890 RS-232 Schnittstelle, HZ43 19" Einbausatz 2HE

Dreifach-Netzgerät (Modul) HM8040-3

Produkt siehe Seite 51

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 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: HZ10S/R Silikonumhüllte Messleitung

Arbitrary-Netzgerät HM8143

Produkt siehe Seite 50

Ausgänge	
2 x 0-30 V/2 A 1 x 5 V/2 A	Mit einer Taste ein-/ausschaltbar, potenzialfrei (ermöglicht Parallel- / Serienbetrieb), Strombegrenzung, elektronische Sicherung und Tracking-Modus
Kanal I + III (0-30 V)	
Ausgangsspannung:	2 x 0 - 30 V
Einstellauflösung:	10 mV
Einstellgenauigkeit:	± 3 Digits (typ. ± 2 Digit)
Messgenauigkeit:	± 3 Digits (typ. ± 2 Digit)
Restwelligkeit:	$< 5 \text{ mV}_{\text{eff}}$ (3 Hz - 300 kHz)
Vollständige Lastausregelung (bei 10%-90% Lastsprung)	
	45 μs für letzten Eintritt in ± 1 mV Bandbreite
	16 μs für letzten Eintritt in ± 100 mV Bandbreite
Max. vorüberg. Abweichung: typ. 800 mV	
Vollständige Lastausregelung (bei 50% Grundlast und $\pm 10\%$ Lastsprung)	
	30 μs für letzten Eintritt in ± 1 mV Bandbreite
	10 μs für letzten Eintritt in ± 100 mV Bandbreite
Max. vorüberg. Abweichung: typ. 120 mV	
Kompensation der Zuleitungswiderstände (SENSE): bis max. 300 mV	
Ausgangsstrom:	2 x 0 - 2 A
Einstellauflösung:	1 mA
Einstellgenauigkeit:	± 3 Digits (typ. ± 2 Digit)
Messgenauigkeit:	± 3 Digits (typ. ± 2 Digit)
Ausregelzeit:	$< 100 \mu\text{s}$
Kanal II (5 V)	
Genauigkeit:	5 V ± 50 mV
Ausgangsstrom:	max. 2 A
Restwelligkeit:	$\leq 100 \mu\text{V}_{\text{eff}}$ (3 Hz - 300 kHz)
Vollständige Lastausregelung (bei 10%-90% Lastsprung)	
	30 μs für letzten Eintritt in ± 1 mV Bandbreite
	0 μs für letzten Eintritt in ± 100 mV Bandbreite
Max. vorüberg. Abweichung: typ. 60 mV	
Vollständige Lastausregelung (bei 50% Grundlast und $\pm 10\%$ Lastsprung)	
	30 μs für letzten Eintritt in ± 1 mV Bandbreite
	0 μs für letzten Eintritt in ± 100 mV Bandbreite
Max. vorüberg. Abweichung: typ. 20 mV	
Arbitrary-Funktion (nur Kanal I)	
Anzahl der Stützpunkte:	max. 1024
Auflösung:	12 Bit
Aufbau der Stützpunkte:	Verweilzeit und Spannungswert
Verweilzeit:	100 μs ... 60 s
Repetierrate:	1...255 und ∞
Eingänge	
Modulationseingang (BNC-Buchse):	0-10 V
Genauigkeit:	1 % vom Endwert
Modulationsbandbreite (-3dB):	> 50 kHz
Slew rate (dV/dt):	1 V/ μs
Trigger Input (BNC-Buchse):	Auslösen der Arbitrary-Funktion
Pegel:	TTL
Verschiedenes	
Gegenspannung:	CH I + CH III: 30 V CH II: 5 V
Spannung gegen Erde:	max. 150 V
Anzeige:	4 x 4-stellige 7-Segment LEDs
Schnittstelle:	RS-232 (serienm.), IEEE-488 od. USB (optional)
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Netzanschluss:	115/230 V $\pm 10\%$; 50/60 Hz
Netzsicherung:	115 V: 2 x 6 A Träge 5 x 20 mm 230 V: 2 x 3,15 A Träge 5 x 20 mm
Leistungsaufnahme:	max. 300 VA
Betriebsbedingungen:	0 °C...40 °C
Lagertemperatur:	-20 °C...+70 °C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	$< 80\%$ (ohne Kondensation)
Abmessungen (BxHxT):	285 x 75 x 365 mm
Gewicht:	ca. 9 kg

Bei 23°C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ10S/R Silikonumhüllte Messleitung, HZ42 19" Einbausatz 2HE, H0870 USB Schnittstelle, H0880 IEEE-488 Schnittstelle

6½-Digit Präzisions-Multimeter HM8112-3

Produkt siehe Seite 60

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.))

Messbereich	1 Jahr; 23 ± 2° C		Temp. Koeffizient 10...21° C + 25...40° C
	%rdg.	%f.s.	
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 250 V

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.)

Messbereich	1 Jahr; 23 ± 2° C		Temp. Koeffizient /° C	
	%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	10 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.

Schnittstelle

Schnittstelle:	RS-232 (serienm.), IEEE-488 oder USB (optional)
Baudrate (RS-232):	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; HZ105/R Silikonumhüllte Messleitung; H0870 USB Schnittstelle; H0880 IEEE-488 Schnittstelle; H0890 RS-232 Schnittstelle; H0112 Messstellenumschalter

8 kW Leistungs-Messgerät HM8115-2

Produkt siehe Seite 61

Spannung		Echtheffektivwert (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		Echtheffektivwert (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 16A 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 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 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

Schnittstelle	
Schnittstelle:	RS-232 (serienm.), IEEE-488 oder USB (optional)
Anschluss RS-232:	D-Sub-Buchse (galvanische Trennung v. Messkreis und Monitorausgang)
Protokoll:	Xon / Xoff
Übertragungsraten:	9600 Baud
Funktionen:	Steuerung / Datenabfrage

Verschiedenes	
Schutzart:	Schutzklasse I (EN 61010)
Netzanschluss:	115/230V $\pm 10\%$, 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:**

HZ10S/R Silikonummüllte Messleitung
 HZ815 Netzadapter
 H0870 USB Schnittstelle
 H0880 IEEE-488 Schnittstelle

3 GHz Universalzähler HM8123

Produkt siehe Seite 62

Eingangsscharakteristik (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	25 mV _{eff} (Sinus), 80 mV _{SS} (Puls)	
80 MHz bis 200 MHz	65 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		
Eingangsruschen: (typ.) 100 µV		
Auto Trigger (AC-Kopplung): Triggerung bei 50 % des Spitze-Spitze Wertes		
Triggerflanke: Positiv oder negativ		
Filter: 100 kHz Tiefpassfilter (wählbar)		

Eingangsscharakteristik (Eingang C)

Frequenzbereich:	100 MHz – 3 GHz	
Eingangsempfindlichkeit:	bis zu 1 GHz: 30 mV _{eff} (typ. 20 mV _{eff})	1 GHz-3 GHz: 100 mV _{eff} (typ. 80 mV _{eff})
Eingangsimpedanz:	50 Ω nominal	
Max. Eingangsspannung:	5 V (DC + AC _{Spitze})	

Eingangsscharakteristik

	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, Zeitintervall A:B (Mittelwert), Phase A zu B, Tastverhältnis A, Burst-Messungen

Frequenzmessung (Eingang A, B, C)

Frequenzbereich:	0 bis 200 MHz (3 GHz)
LSD:	(1,25 x 10 ⁻⁸ s x Frequenz) / Messzeit
Auflösung:	± 1 oder 2 LSD
Genauigkeit:	± (Auflösung / Frequenz ± Zeitbasisgenauigkeit ± Triggerfehler ²⁾ / 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 ²⁾ / 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 ²⁾ + System-Fehler) / Zeitintervall ± Zeitbasisgenauigkeit (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:	± (Triggerfehler ²⁾ / 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:	400 MHz Takt; 10 MHz Quarz
Stabilität:	± 5 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

Schnittstelle:	RS-232 (serienm.), IEEE-488 oder USB (optional)
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

²⁾ Triggerfehler= ± Rauschspannung (V_{SS}) / Slew Rate des Signals

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung

Optionales Zubehör:

HZ10S/R Silikonummüllte Messleitung
 HZ42 19" Einbausatz 2HE
 HZ33/34 Messkabel 50 Ω
 HZ24 Dämpfungsglieder 50 Ω
 HZ20 Adapterstecker
 H0870 USB Schnittstelle
 H0880 IEEE-488 Schnittstelle

15 MHz Arbitrary Funktionsgenerator HM8131-2

Produkt siehe Seite 63

Frequenzspezifikationen

Bereich:	100 µHz bis 15 MHz
Auflösung:	100 µHz; 100 mHz (Wobbelbetrieb)
Anzeige:	< 10 ms (ohne Bandwechsel) < 60 ms (mit Bandwechsel)
Genauigkeit:	±10 ppm x Freq. + 30 µHz HM8125 (ext. Referenzfrequenz): ±30 µHz
Temperaturkoeff.:	2 ppm/°C
Alterung:	10 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/VHz (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: ±(1% x Amplitude + 5 digit) Rechteck 1 kHz: ±(3% x Amplitude + 5 digit)

Frequenzgang:	<100 kHz: ±0,2 dB 100 kHz - 1 MHz: ±0,3 dB 1 MHz - 15 MHz: +0,5 dB
Temperaturstabilität:	±0,1% / °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:	±(1% x Offsetspg. + 5 digit)
Temperaturstabilität:	±0,1% / °C

Phase

Bereich:	0 - 359,9°
Auflösung:	0,1°
Bezug:	abfallende Flanke des Sync.-Signals
Jitter:	< 25 ns
Genauigkeit:	außer Rechteck: ±(0,1 + Freq./Hz x 10 ⁻⁴) Grad Rechteck: ±(5 + Freq./Hz x 30 x 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, Schnittstelle)

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:	±(5% 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 Schnittstelle	

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
Schnittstelle:	RS-232 (serienmäßig), IEEE-488 (optional) USB (optional)
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

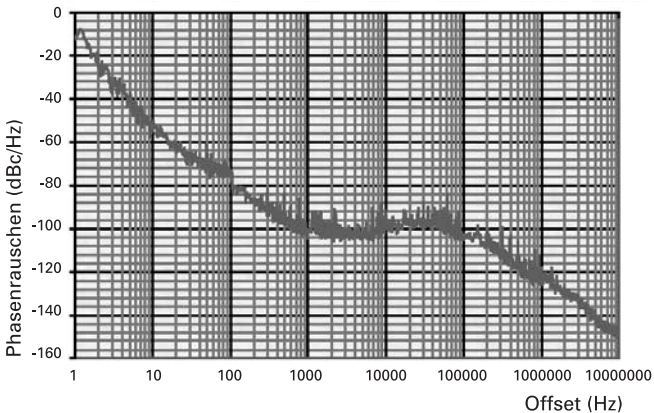
Bei 23°C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ33/HZ34 Messkabel 50 Ω; H0831 Memory Card 1 MB;
HZ10S/R Silikonumhüllte Messleitung; HZ20 Adapterstecker; H0870 USB
Schnittstelle; H0880 IEEE-488 Schnittstelle

1,2 GHz HF-Synthesizer HM8134-3

Produkt siehe Seite 64

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 (H085)	
Stabilität:	≤ ±1x10 ⁻⁸
Alterung:	≤ ±5x10 ⁻⁹ /Tag
Ausgang (interne Referenz): (Geräterückseite)	
Pegel:	TTL
Eingang (externe Referenz): (Geräterückseite)	
Pegel:	> 0 dBm
Frequenz:	10 MHz ± 20 ppm
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:	≤ - 94 dBc/Hz
250 bis 500 MHz:	≤ - 105 dBc/Hz
500 bis 1000 MHz:	≤ - 100 dBc/Hz
1000 bis 1200MHz:	≤ - 95 dBc/Hz
Stör-FM:	≤ 6,5 Hz (bei 1 GHz, 300 Hz - 3 kHz Bandbreite)
Stör-AM:	< 0,06 % (0,03 - 20 kHz Bandbreite)



(Typisches Phasenrauschen bei 1 GHz)

Ausgangspegel	
Bereich:	- 127 bis + 13 dBm
Auflösung:	0,1 dB
Fehler: für Pegel > - 57 dBm: ≤ ± 0,5 dB	
für Pegel < - 57 dBm: ≤ ± [0,5 dB + (0,2 x (-57 dBm - Pegel)]/10	
Impedanz:	50 Ω
Stehwellenverhältnis:	≤ 2
Modulationsquellen	
Intern: 10 Hz - 150 kHz Sinus, 10 Hz - 20 kHz Rechteck, Dreieck, Sägezahn	
Auflösung:	10 Hz
Extern: (Eingang frontseitig)	
Impedanz:	10 kΩ II 50 pF
Eingangspegel:	2 V _{SS} für Bereichsendwert
Kopplung:	AC oder DC
Ausgang: (frontseitig)	
Pegel:	2 V _{SS}
Impedanz:	1 kΩ
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} ≤ 40 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} < 20 kHz)

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

Ext. Frequenzgang: (bis - 1 dB)	
DC - Kopplung:	0 bis 100 kHz
AC - Kopplung:	10 Hz bis 100 kHz
Verzerrungen:	< 1 % für Hub ≥ 50 kHz bei 1 kHz < 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 100 kHz
AC - Kopplung:	10 Hz bis 100 kHz
Verzerrungen:	< 3 % bei f _{mod} = 1 kHz und Hub = 10 rad

FSK - Modulation	
Bereich (F0-F1):	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	
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:	> 80 dB
Anstiegs-/Abfallzeiten:	< 50 ns
Verzögerung:	< 100 ns
Max. Frequenz:	2,5 MHz
Eingangspegel:	TTL

Wobbelbetrieb	
Bereich:	1 MHz bis 1200 MHz
Tiefe:	500 Hz bis 1199 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	
Schnittstelle:	RS-232 (Standard), IEEE-488 (optional), USB (optional)
Konfigurationsspeicher:	10
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Netzanschluss:	115/230 V ± 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

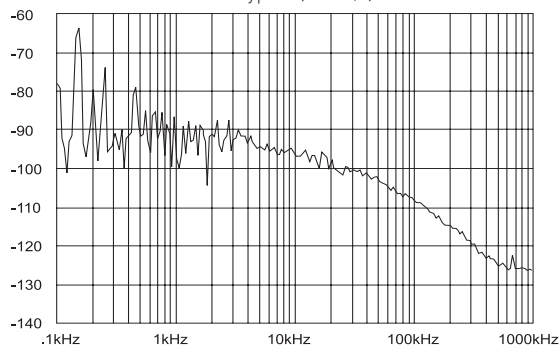
Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ33/34 Messkabel 50 Ω, HZ21 Adapterstecker HZ42 19" Einbausatz 2HE, H0870 USB Schnittstelle, H0880 IEEE-488 Schnittstelle, H0890 RS-232 Schnittstelle

3 GHz HF-Synthesizer HM8135

Produkt siehe Seite 65

Frequenz	
Bereich:	1 Hz bis 3 GHz
Auflösung:	1 Hz
Umschaltzeit:	< 10 ms
10 MHz - Referenz	
Standard: TCXO	
Stabilität (0 bis 50°C):	$\leq \pm 0,5$ ppm
Alterung:	$\leq \pm 1$ ppm/Jahr
Option: OCXO (H085)	
Stabilität:	$\leq \pm 1 \times 10^{-8}$
Alterung:	$\leq \pm 5 \times 10^{-9}$ /Tag
Ausgang (interne Referenz):	(Geräterückseite)
Pegel:	TTL
Eingang (externe Referenz):	(Geräterückseite)
Pegel:	> 0 dBm
Frequenz:	10 MHz \pm 20 ppm
Spektrale Reinheit (ohne Modulation)	
Harmonische:	≤ -35 dBc
Unharmonische:	≤ -50 dBc (> 15 kHz vom Träger)
Subharmonische:	≤ -50 dBc
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
1 bis 2 GHz:	≤ -95 dBc/Hz
2 bis 3 GHz:	≤ -90 dBc/Hz
Stör-FM:	typ. < 4 Hz; $\leq 6,5$ Hz (0,3 - 3 kHz Bandbreite)
Stör-AM:	typ. < 0,06 % (0,03 - 20 kHz Bandbreite)



(Typisches Phasenrauschen bei 1 GHz)

Ausgangspegel	
Bereich:	-135 bis +13 dBm
Auflösung:	0,1 dB
Fehler $f < 1,5$ GHz; Pegel > -120 dBm	
für Pegel > -57 dBm:	$\leq \pm 0,5$ dB
für Pegel < -57 dBm:	$\leq \pm [0,5 \text{ dB} + (0,2 \times (-57 \text{ dBm} - \text{Pegel}))/10]$
Fehler $f > 1,5$ GHz; Pegel > -120 dBm	
für Pegel > -57 dBm:	$\leq \pm 0,7$ dB
für Pegel < -57 dBm:	$\leq \pm [0,7 \text{ dB} + (0,5 \times (-57 \text{ dBm} - \text{Pegel}))/10]$
Impedanz:	50 Ω
Stehwellenverhältnis:	
$f \leq 1$ GHz:	$\leq 1,5$
$f > 1$ GHz:	$\leq 2,5$
Modulationsquellen	
Intern:	10 Hz bis 200 kHz Sinus, 10 Hz bis 20 kHz Rechteck, Dreieck, Sägezahn
Auflösung:	10 Hz
Extern:	Eingang Frontplatte
Impedanz:	10 k Ω 50 pF
Eingangspegel:	2 V_{SS} für Bereichsendwert
Kopplung:	AC oder DC
Ausgang:	Frontplatte
Pegel:	2 V_{SS}
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 $f_{mod} \leq 50$ kHz)

Ext. Frequenzgang (bis -1 dB):	10 Hz bis 100 kHz bei AC
Verzerrungen:	< 2 % (AM-Grad ≤ 60 % und $f_{mod} \leq 1$ kHz) < 6 % (AM-Grad ≤ 80 %, $f_{mod} < 20$ kHz)

Frequenzmodulation	
Quelle:	intern oder extern
Hub:	± 200 Hz bis 400 kHz (abhängig vom Frequenzband)
Auflösung:	100 Hz
Genauigkeit:	± 3 % + restliche FM ($f_{mod} \leq 5$ kHz) ± 7 % + restliche FM (5 kHz < $f_{mod} < 100$ kHz)
Ext. Frequenzgang: (bis -1 dB)	
DC - Kopplung:	0 bis 100 kHz
AC - Kopplung:	100 Hz bis 100 kHz
Verzerrungen:	< 1 % für Hub ≥ 50 kHz bei 1 kHz < 3 % für Hub ≥ 10 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 100 kHz
AC - Kopplung:	100 Hz bis 100 kHz
Verzerrungen:	< 3 % bei $f_{mod} = 1$ kHz und Hub = 10 rad

FSK - Modulation	
Bereich (F1-F0):	16 MHz 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	
Betriebsart:	2 PSK - Ebenen
Datenrate:	extern
Max. Rate:	10 kbit/s
Shift Ph1 - Ph0:	
< 16 MHz:	0 bis $\pm 3,14$ rad
> 16 MHz:	0 bis ± 10 rad
Auflösung:	0,01 rad
Genauigkeit:	siehe unter PM

Pulsmodulation	
Quelle:	extern (Geräterückseite)
Dynamikumfang:	
$f < 2$ GHz:	> 80 dB
$f > 2$ GHz:	> 55 dB
Anstiegs-/Abfallzeiten:	< 50 ns (typ. < 10 ns)
Verzögerung:	< 100 ns
Max. Frequenz:	2,5 MHz (typ. 5 MHz)
Eingangspegel:	TTL

Wobbelbetrieb	
Bereich:	1 MHz bis 3000 MHz
Tiefe:	500 Hz bis 2999 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:	RS-232 (Standard), IEEE-488 (optional), USB (optional)
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, H0870 USB Schnittstelle, H0880 IEEE-488 Schnittstelle, H0890 RS-232 Schnittstelle	

12,5 MHz Arbitrary Funktionsgenerator HM8150

Produkt siehe Seite 67

Frequenz

Bereich:	10 mHz bis 12,5 MHz
Auflösung:	5 stellig, max. 10 mHz
Genauigkeit:	± 1 Digit + 5 mHz
Temperaturkoeffizient:	0,5 ppm/°C
Alterung:	2 ppm/Jahr

Signalformen**Sinus**

Frequenzbereich:	10 mHz bis 12,5 MHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Klirrfaktor:	< 0,2 %

Rechteck

Frequenzbereich:	10 mHz bis 12,5 MHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Anstiegs-/Abfallzeit:	< 10 ns
Überschwingen:	< 5% (U _{AUS} ≤ 200 mV)
Symmetrie:	50% \pm (5% + 10 ns)

Impuls

Frequenzbereich:	10 mHz bis 5 MHz
Amplitude:	0...+10 V bzw. 0...-10 V
Anstiegs-/Abfallzeit:	< 10 ns
Impulsbreite:	100 ns bis 80 s
Tastverhältnis:	max. 90 %

Sägezahn

Frequenzbereich:	10 mHz bis 25 kHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Linearität:	besser als 1 %

Dreieck

Frequenzbereich:	10 mHz bis 250 kHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Linearität:	besser als 1 %

Arbitrary-Generator

Frequenzbereich:	10 mHz bis 250 kHz
Amplitude:	0 - 20 V _{SS} (Leerlauf)
Abtastrate:	40 MSa/s
Auflösung:	X: 1024 (10 bit), Y: 1024 (10 bit) oder X: 4096 (12 bit), Y: 4096 (12 bit)

Eingänge

Gate/Trigger:	BNC-Buchse
Impedanz:	5 k Ω 100 pF
Max. Eingangsspannung:	± 30 V
AM-IN:	BNC-Buchse
Impedanz:	10 k Ω
Max. Eingangsspannung:	± 30 V

Ausgänge

Signal Ausgang:	BNC-Buchse, kurzschlussfest; Fremdspannung max. ± 15 V
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: $\pm 0,2$ dB 0,1 - 12,5 MHz: $\pm 0,5$ dB
Offset-Fehler:	Bereich 3: ± 50 mV
Anzeige:	2½ Stellen (LCD)

DC-Offset

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

Trigger-Ausgang (BNC-Buchse)

Sägezahn:	0 bis 5 V (Wobbelausgang)
Pegel:	5 V/TTL
Ausgangsimpedanz:	1 k Ω

Sweep (intern)**Wahl der Anfangs- und Endfrequenz**

Interne Wobbelung:	alle Signalformen
Wobbelzeit:	linear von 20 ms bis 100 s kontinuierlich oder getriggert (ext. Signal, Schnittstelle)

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 oder Schnittstelle**

Frequenzbereich:	< 500 kHz
------------------	-----------

Verschiedenes

Schnittstelle:	RS-232 (serienmäßig), IEEE-488 (optional) USB (optional)
Anzeige:	16 Zeichen, beleuchtetes LCD
Speicher:	für letzte Geräteeinstellung sowie für 1 Arbitrary-Signal
Schutzart:	Schutzklasse I (EN61010-1)
Netzanschluss:	115/230 V ± 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:**

HZ33/HZ34 50 Ω Messkabel BNC-BNC,
HZ24 Satz Dämpfungsglieder 3/6/10 und 20 dB,
HZ42 19" Einbausatz 2HE,
HZ20 Adapterstecker
H0870 USB Schnittstelle
H0880 IEEE-488 Schnittstelle

Grundgerät HM8001-2

Produkt siehe Seite 75

Allgemeines

Gehäuse mit Netzteil und Raum für 2 Module

Modul-Versorgungsspannungen

2 x 8V~ mit je 0,5A belastbar

2 x 5V = mit je 1A belastbar

4 x 20V = mit je 0,5A belastbar

Spannungswerte zwischen 5V und 20V über Modul programmierbar.
(Polarität beliebig)**Entnehmbare Leistung:** für zwei Module max. 36 Watt
Alle Gleichspannungen sind elektronisch geregelt, massefrei und kurzschlussfest.**Verschiedenes**

Netztaсте ein/aus zwischen beiden Modulen an der Vorderfront.

Schutzart: Schutzklasse I (EN61010-1)**Netzanschluss:** 115/230V~ (50/60 Hz)Maximal zulässige Netzspannungsschwankung: $\pm 10\%$ **Leistungsaufnahme:** max. 110W
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.

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

Produkt siehe Seite 76

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/ Ω /T°/dB/ \leftarrow 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:**5 V, 500 V, 600 V: 10 M Ω || 90 pF500 mV, 50 V: > 1 G Ω || 90 pF**Eingangsstrom:** 10 A**Gleichtaktunterdrückung:** ≥ 100 dB (50/60 Hz $\pm 0,5\%$)**Serientaktunterdrückung:** ≥ 60 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/ Ω /T°/dB/ \leftarrow 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: $\pm 0,2$ dBm**Auflösung:** 0,01 dB oberhalb 9 mV**Gleichtaktunterdrückung:** ≥ 60 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 : $\pm(0,05\% \text{ v. Messwert} + 0,004\% \text{ v.E.} + 50 \text{ m}\Omega)$

5 MΩ bis 50 MΩ:	±(0,3 % v. Messwert + 0,004 % v. Endwert)	
Eingang geschützt bis max. 300 V _{eff}		
Messstrom:	500 Ω-5 kΩ Bereich:	1 mA
	50 kΩ Bereich:	100 µA
	500 kΩ Bereich:	10 µA
	5-50 MΩ Bereich:	100 nA

Messspannung: 10V typ. bei offenen Eingängen; abhängig vom gemessenen Widerstandswert. Der negative Pol der Prüfspannung liegt am COM-Eingang.

Temperatur	
2-Draht Widerstandsmessung mit Linearisierung für Sensoren PT100 nach dem Standard EN60751	
Bereich:	-200°C bis +500°C
Auflösung:	0,1°C
Mess-Strom:	ca. 1 mA
Anzeige:	in °C, °F
Genauigkeit:	± 0,1°C von - 200°C bis + 200°C ± 0,2°C von 200°C bis 500°C (außer für Sensor-Toleranz)

Temperatur-Koeffizient: (Referenz 23°C)	
V = 500 mV, 50 V	30 ppm/°C
600 V Bereich	80 ppm/°C
andere Bereiche	20 ppm/°C
V ~ 600 V Bereich	80 ppm/°C
andere Bereiche	50 ppm/°C
mA alle Bereiche	200 ppm/°C
mA-alle Bereiche	300 ppm/°C
Ω 5 MΩ, 50 MΩ Bereiche	200 ppm/°C
andere Bereiche	50 ppm/°C

Verschiedenes	
Stromversorgung (vom Grundgerät):	
+ 5 V	300 mA
-26 V	140 mA
Betriebsbedingungen	+ 10°C bis + 40°C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	80 % (ohne Kondensation)
Abmessungen (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, 1 Satz Messkabel HZ15, Software CD und Schnittstellenkabel
Optionales Zubehör:
 HZ10S/R Silikonumhüllte Messleitung
 HZ812 PT100 Temperaturmesssonde

LCR-Meter HM8018

Produkt siehe Seite 77

Messfunktionen und -bedingungen	
Messbare Kenngrößen:	R, L, C, Θ, Q/D, Z
Schaltungsart:	seriell, parallel
Messart:	2-Draht, 4-Draht
Messbereiche:	R: 0,001 Ω – 99,9 MΩ C: 0,001 pF – 99,9 mF L: 0,01 µH – 9999 H Q: 0,0001 – 99,9 D: 0,0001 – 9,9999 Θ: [-180,00°] – [+180,00°]
Grundgenauigkeit:	0,2 %
Messfrequenzen:	100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 25 kHz
Frequenzgenauigkeit:	± 100 ppm (außer 120 Hz: 120,2 Hz ± 100 ppm)
Messspannung:	0,5 V _{eff} ± 10 % (Leerlauf)
Messrate:	2 Messungen/Sekunde
Messbereichswahl:	automatisch, manuell
DC Bias Spannung:	1 V ± 10 %
Nullpunkt:	Leerlauf- und Kurzschlussabgleich
Abgleichbedingungen:	Kurzschluss: R < 10 Ω Z < 15 Ω Leerlauf: Z > 10 kΩ

Messgenauigkeit	
mit D<0,1 bzw. Q>10:	C: A _e = A _f (1+C _x /C _{max} + C _{min} /C _x) L: A _e = A _f (1+L _x /L _{max} + L _{min} /L _x) Z: A _e = A _f (1+Z _x /Z _{max} + Z _{min} /Z _x) R: A _e = A _f (1+R _x /R _{max} + R _{min} /R _x)
mit D≥0,1:	A _e = √(1 + D _x ²)
mit den Parametern:	C _x = Messwert A _f = 0,2 % bei f = 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz A _f = 0,3 % bei f = 10 kHz A _f = 0,5 % bei f = 25 kHz

Parameter	Auto Range
C _{max}	160 µF/f
C _{min}	53 pF/f
L _{max}	480 H/f
Z _{max} , R _{max}	3 MΩ
Z _{min} , R _{min}	1 Ω

Genauigkeit des Verlustfaktors:	D _e = ± $\frac{A_e}{100}$
Genauigkeit des Gütefaktors:	Q _e = $\frac{Q_x^2 \cdot D_e}{1 \pm D_x \cdot D_e}$
Genauigkeit des Phasenwinkels:	Θ _e = $\frac{180}{\pi} \cdot \frac{A_e}{100}$

Anzeige	
5-stellige 7-Segment LED Anzeige mit Vorzeichen	
Anzeigearten:	
Messwert	} Berechnung erfolgt aus Messwert und gespeichertem Referenzwert
Verhältnis	
Offset	
rel. Offset	

Verschiedenes	
Die Eingänge sind kurzschlussfest und kurzzeitig überspannungsfest bis 100 V _{DC} bei einer maximalen Energieaufnahme von 1 J. Eine Gerätekonfiguration kann gespeichert werden.	
Betriebsbedingungen:	+ 10°C ... 40°C
Max. rel. Luftfeuchtigkeit:	80 %
Versorgung (von Grundgerät):	+5 V/300 mA +5,2 V/50 mA -5,2 V/50 mA (Σ = 2 W)
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: LCR-Meter HM8018, Bedienungsanleitung
Optionales Zubehör: HZ18 Kelvin-Messleitung
 HZ10S/R Silikonumhüllte Messleitung

1,6 GHz Universalzähler HM8021-4

Produkt siehe Seite 78

Messfunktionen	
Frequenz A/C; Periodendauer A; Ereigniszählung A; Pulsbreite / (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}

Eingangsscharakteristik (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})

Eingangsscharakteristik (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 x 10 ⁻⁷ s x Freq./Messzeit
Auflösung:	\pm 1 oder 2 LSD

Periodendauermessung

Bereich:	10000 sec bis 66,6 ns
LSD:	2,5 x 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 x 10 ⁻⁷
Alterung:	\pm 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:**

HZ33/34 Messkabel 50 Ω
HZ24 Dämpfungsglieder 50 Ω
HZ10S/R Silikonumhüllte Messleitung

10 MHz Funktionsgenerator HM8030-6

Produkt siehe Seite 79

Betriebsarten

Sinus, Rechteck, Dreieck, Impuls; freilaufend, intern oder extern frequenzmodulierbar, mit oder ohne DC-Offset

Frequenzbereiche

0,05 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 % / 24 h 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 Digit)
5 Hz bis 10 MHz:	\pm (5 x 10 ⁻⁵ + 1 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 Rechtecksignal ca. +5V/TTL

FM-Eingang

(VCF, BNC-Buchse auf Geräterückseite HM8001-2 u. Opt.HO801)	
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 (Σ =9,8 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. 0,80 kg

Bei 23° C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

Im Lieferumfang enthalten: Bedienungsanleitung**Optionales Zubehör:** HZ33/34 Messkabel 50 Ω

HZ22 50 Ω Durchgangsabschluss
HZ10S/R Silikonumhüllte Messleitung

Dreifach-Netzgerät (Modul) HM8040-3

Technische Daten siehe Seite 115

HM303-6	19, 103
HM504-2	18, 101
HM507	15, 101
HM1000-2	17, 103
HM1008	14, 104
HM1508-2	13, 106
HM2005	16, 102
HM2008	12, 107
HM5014-2	29, 110
HM5510	28, 111
HM5530	30, 112
HM6050-2	41
HM7042-5	48, 114
HM7044	49, 114
HM8001-2	75, 123
HM8012	76, 123
HM8018	77, 124
HM8021-4	78, 124
HM8030-6	79, 125
HM8040-3	51, 80, 115
HM8112-3	60, 116
HM8115-2	61, 117
HM8123	62, 118
HM8131-2	63, 119
HM8134-3	64, 120
HM8135	65, 121
HM8143	50, 66, 115
HM8150	67, 122
HO79-6	83
HO112	84
HO720	84
HO730	84
HO870	85
HO880	85
HO890	85
HZ10	87
HZ15	87
HZ16	88
HZ17	87
HZ18	87
HZ19	87
HZ20	89
HZ21	89
HZ22	89
HZ24	89
HZ26	89
HZ31	88
HZ32	88
HZ33/33S	88
HZ34/34S	88
HZ42	97
HZ43	97
HZ45	97
HZ51	90
HZ52	90
HZ53	90
HZ56	93
HZ70	92

HZ72SL	92
HZ73	92
HZ100	91
HZ109	91
HZ115	92
HZ154	90
HZ200	90
HZ520	96
HZ530	40
HZ540	31
HZ541	96
HZ550	31
HZ560	94
HZ575	95
HZ809	95
HZ812	94
HZ815	95
HZ887	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
E-Mail: 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
E-Mail: service@hameg.de

Serviceleitung:
Michael Leichum

Reparaturabwicklung:
Rosalinde Andraschky

Produktmanager:

Oszilloskope:
Gerhard Hübenett
Tel +49 (0) 6182 800 532
Fax +49 (0) 6182 800 471
E-Mail: huebenett@hameg.de

Spektrumanalysatoren:
Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Wirt.-Ing. (FH)
Dietmar Eberhardt
Tel +49 (0) 6182 800 318
Fax +49 (0) 6182 800 319
E-Mail: eberhardt@hameg.de

Module, Systemgeräte und Netzgeräte:
Dipl.-Ing. (FH) Melanie Zahn
Tel. +49 (0) 6182 800 320
Fax: +49 (0) 6182 800 321
E-Mail: zahn@hameg.de

It's a pleasure



to measure

www.hameg.com