

HAMEG Modularsystem 8000

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

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



Für Schulen und Trainingscenter bietet das Modular System 8000 eine kostengünstige und flexible Alternative zur herkömmlichen Messgeräteausrüstungen. Zwei Modulargeräte können gleichzeitig in beliebigen Kombinationen betrieben werden. Somit ist pro 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 HM8040-2 mit einer Ausgangsleistung von 25 W sollte bei maximaler Last nicht mit einem weiteren HM8040-2 gleichzeitig betrieben werden. Das Grundgerät ist thermisch und elektronisch gegen Überlastung gesichert.

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

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

Messgeräte

Das **programmierbare Digital Multimeter HM8012** gehört auf jeden Labortisch. Es eignet sich für Spannungsmessung bis $1.000 V_{DC}/750 V_{AC}$, Strommessbereiche von $500 \mu A$ bis 10 A, Widerstandsmessung bis $50 M\Omega$, Durchgangspiepser, Temperaturmessung mit PT100 oder auch einfach nur

Pegelmessung. 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	
$u_{(t)}^2$	Spannung quadratischer Mittelwert	
$ \bar{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

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

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.

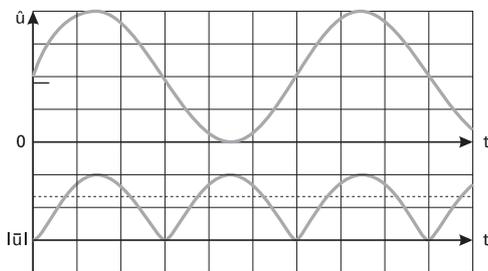
- Ist der Mittelwert = 0, liegt ein reines Wechselsignal vor.
- Für Gleichgrößen ist der Mittelwert = Augenblickswert.

- 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 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 $x^2(t)$ 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}

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

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

fektivwert (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 $230 V_{eff}$, nimmt die gleiche Leistung auf und leuchtet genauso hell, wie eine Glühlampe versorgt mit einer Gleichspannung von $230 V$.

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

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

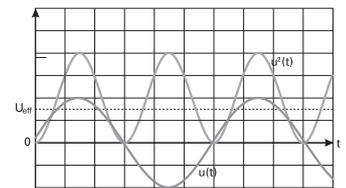
Formfaktor

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:

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

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 Widerstandwert der Zuleitungswiderstände R_L wird als Referenzwert abgespeichert. Im Offsetmodus wird dann dieser Referenzwert vom gemessenen Widerstandswert R_m subtrahiert. Übrig bleibt der „richtige“ Wert des gesuchten zu messenden Widerstandes R .

$$R_m = R + R_L + R_L$$

Dioden- und Halbleitertest

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

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

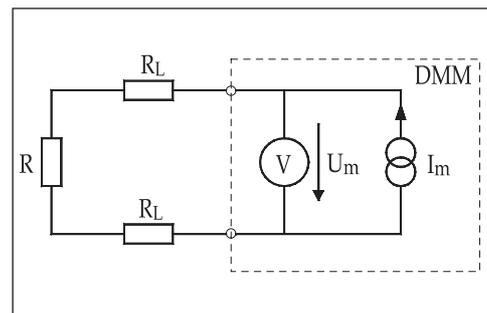
Beim HM8014 besteht sogar die Möglichkeit die Flussspannung bei 3 verschiedenen Arbeitspunkten (0,2 mA, 2 mA, 20 mA) zu messen. Ist die Diodenstrecke in Sperrrichtung, zeigt das Gerät „Overflow“.

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

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

Zweidraht-Widerstandsmessung

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



Prinzip der 2-Draht-Widerstandsmessung

belwiderstände mit Hilfe der Offsetkorrektur durchgeführt wird.

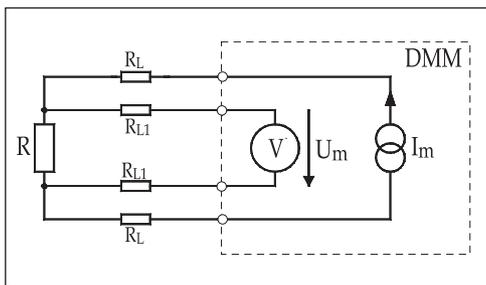
Hierzu werden die beiden Messkabel mit ihren Prüfklemmen auf einer Seite des Prüflings angeschlossen, was einem Kurzschluss entspricht, und die Offsetkorrektur betätigt. Die Fehlerquellen, wie Zuleitungswiderstand und Übergangswiderstand, werden somit eliminiert.

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

Vierdraht-Widerstandsmessung

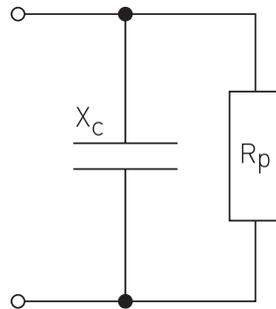
Damit die durch die Zuleitungswiderstände verursachten Messprobleme nicht auftreten, verwendet man für die Messung kleiner Widerstände die Vierdraht-Anordnung (Kelvin-Prinzip). Bei der 4-Draht-Widerstandsmessung fließt gleichfalls ein eingepprägter Strom durch den zu ermittelnden Widerstand R . Um den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

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



Prinzip der 4-Draht-Widerstandsmessung

Verlustfaktor eines Kondensator



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

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

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

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

$\tan \delta$ Verlustfaktor

G_p Wirkleitwert

B_C kapazitiver Blindleitwert

X_C kapazitiver Blindwiderstand

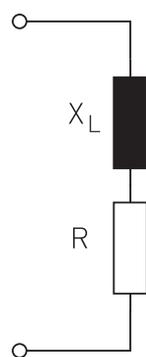
R_p Wirkwiderstand

Q Güte

δ Verlustwinkel

φ Phasenverschiebungswinkel zwischen U und I

Verlustfaktor einer Spule



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

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

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

$\tan \delta$ Verlustfaktor

X_L kapazitiver Blindwiderstand

R Wirkwiderstand

Q Güte

δ Verlustwinkel

φ Phasenverschiebungswinkel zwischen U und I

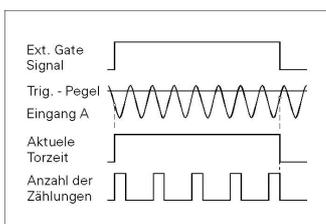
Mit dem **LC Meter HM8018** erhalten Sie ein umfangreich ausgestattetes Messgerät. Es verwendet 3 verschiedene Oszillatorfrequenzen, die bei der Messbereichsauswahl automatisch umgeschaltet werden. Sie können mit dem HM8018 neben Induktivitäten und Kapazitäten den Serienwiderstand von Induktivitäten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

Universalzähler

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

Externes Gate

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



EXT Gate-Signal

Klirrfaktormessbrücke

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

Klirrfaktor

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

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

k = Klirrfaktor (dimensionslos)

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

f_1 = Frequenz des Meßtons (Hz)

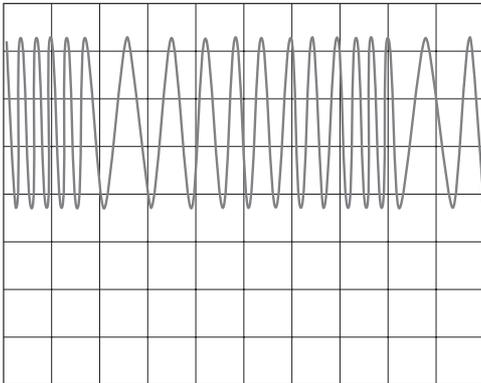
U_{ges} = Spannung des verzerrten Gesamtsignals

(alle Spannungen sind Effektivwerte)

Signalgeneratoren

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

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



Wobbelsignal

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

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

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



Klirrfaktormessung mit HM8037 und HM8027

Netzgerät HM8040-3

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



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

Für Geräte mit Schnittstellen sind Lab-View-Treiber verfügbar.