

# 6 1/2 - DIGIT PRECISION MULTIMETER HM 8112 - 3

Handbuch / Manual

Deutsch / English



	<b>Hersteller</b> Manufacturer Fabricant	<b>HAMEG Instruments GmbH</b> Industriestraße 6 D-63533 Mainhausen	<b>KONFORMITÄTSERKLÄRUNG</b> DECLARATION OF CONFORMITY DECLARATION DE CONFORMITE	
	Die HAMEG Instruments GmbH bescheinigt die Konformität für das Produkt The HAMEG Instruments GmbH herewith declares conformity of the product HAMEG Instruments GmbH déclare la conformité du produit		Überspannungskategorie / Overvoltage category / Catégorie de surtension: II	
<b>Bezeichnung / Product name / Designation:</b> Präzisions-Multimeter Precision Multimeter Multimètre de précision		Verschmutzungsgrad / Degree of pollution / Degré de pollution: 2		Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility / Compatibilité électromagnétique
<b>Typ / Type / Type:</b>	HM8112-3	EN 61326-1/A1 Störaussendung / Radiation / Emission: Tabelle / table / tableau 4; Klasse / Class / Classe B.		Störfestigkeit / Immunity / Imunitee: Tabelle / table / tableau A1.
<b>mit / with / avec:</b>	HO20	EN 61000-3-2/A14 Oberschwingungsströme / Harmonic current emissions / Émissions de courant harmonique: Klasse / Class / Classe D.		EN 61000-3-3 Spannungsschwankungen u. Flicker / Voltage fluctuations and flicker / Fluctuations de tension et du flicker.
<b>Optionen / Options / Options:</b>	HO880	Datum /Date /Date 01.12.2004		Unterschrift / Signature /Signatur  G. Hübenett Produktmanager
mit den folgenden Bestimmungen / with applicable regulations / avec les directives suivantes				
EMV Richtlinie 89/336/EWG ergänzt durch 91/263/EWG, 92/31/EWG EMC Directive 89/336/EEC amended by 91/263/EWG, 92/31/EEC Directive EMC 89/336/CEE amendée par 91/263/EWG, 92/31/CEE				
Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG ergänzt durch 93/68/EWG Low-Voltage Equipment Directive 73/23/EEC amended by 93/68/EEC Directive des équipements basse tension 73/23/CEE amendée par 93/68/CEE				
Angewendete harmonisierte Normen / Harmonized standards applied / Normes harmonisées utilisées				
Sicherheit / Safety / Sécurité EN 61010-1:2001 (IEC 61010-1:2001)				

## Allgemeine Hinweise zur CE-Kennzeichnung

HAMEG Messgeräte erfüllen die Bestimmungen der EMV Richtlinie. Bei der Konformitätsprüfung werden von HAMEG die gültigen Fachgrund- bzw. Produktnormen zu Grunde gelegt. In Fällen, wo unterschiedliche Grenzwerte möglich sind, werden von HAMEG die härteren Prüfbedingungen angewendet. Für die Störaussendung werden die Grenzwerte für den Geschäfts- und Gewerbebereich sowie für Kleinbetriebe angewandt (Klasse 1B). Bezüglich der Störfestigkeit finden die für den Industriebereich geltenden Grenzwerte Anwendung.

Die am Messgerät notwendigerweise angeschlossenen Mess- und Datenleitungen beeinflussen die Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte in erheblicher Weise. Die verwendeten Leitungen sind jedoch je nach Anwendungsbereich unterschiedlich. Im praktischen Messbetrieb sind daher in Bezug auf Störaussendung bzw. Störfestigkeit folgende Hinweise und Randbedingungen unbedingt zu beachten:

### 1. Datenleitungen

Die Verbindung von Messgeräten bzw. ihren Schnittstellen mit externen Geräten (Druckern, Rechnern, etc.) darf nur mit ausreichend abgeschirmten Leitungen erfolgen. Sofern die Bedienungsanleitung nicht eine geringere maximale Leitungslänge vorschreibt, dürfen Datenleitungen (Eingang/Ausgang, Signal/Steuerung) eine Länge von 3 Metern nicht erreichen und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden. Ist an einem Geräteinterface der Anschluss mehrerer Schnittstellenkabel möglich, so darf jeweils nur eines angeschlossen sein.

Bei Datenleitungen ist generell auf doppelt abgeschirmtes Verbindungskabel zu achten. Als IEEE-Bus Kabel ist das von HAMEG beziehbare doppelt geschirmte Kabel HZ72 geeignet.

### 2. Signalleitungen

Messleitungen zur Signalübertragung zwischen Messstelle und Messgerät sollten generell so kurz wie möglich gehalten werden. Falls keine geringere Länge vorgeschrieben ist, dürfen Signalleitungen (Eingang/Ausgang, Signal/Steuerung) eine Länge von 3 Metern nicht erreichen und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden.

Alle Signalleitungen sind grundsätzlich als abgeschirmte Leitungen (Koaxialkabel - RG58/U) zu verwenden. Für eine korrekte Masseverbindung muss Sorge getragen werden. Bei Signalgeneratoren müssen doppelt abgeschirmte Koaxialkabel (RG223/U, RG214/U) verwendet werden.

### 3. Auswirkungen auf die Geräte

Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magnetischer Felder kann es trotz sorgfältigen Messaufbaues über die angeschlossenen Kabel und Leitungen zu Einspeisung unerwünschter Signalanteile in das Gerät kommen. Dies führt bei HAMEG Geräten nicht zu einer Zerstörung oder Außerbetriebsetzung. Geringfügige Abweichungen der Anzeige – und Messwerte über die vorgegebenen Spezifikationen hinaus können durch die äußeren Umstände in Einzelfällen jedoch auftreten.

HAMEG Instruments GmbH

<b>English</b>	<b>35</b>	8.3	Gleitender Mittelwert	20
		8.4	Messung der Wechselgrößen	20
<b>Deutsch</b>				
<b>Allgemeine Hinweise zur CE-Kennzeichnung</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>Einführung in die Bedienung des HM8112</b>	<b>21</b>
<b>6½-Digit Precision-Multimeter HM8112-3</b>	<b>4</b>	9.1	Inbetriebnahme	21
<b>Technische Daten</b>	<b>5</b>	9.2	Werkseinstellung	21
<b>1 Wichtige Hinweise</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>Bedienelemente und Anzeigen</b>	<b>21</b>
1.1 Symbole	6	10.1	Allgemeine	21
1.2 Aufstellen des Gerätes	6	10.2	Tasten für die verschiedenen Messfunktionen	22
1.3 Transport	6	10.3	Durchgangsprüfung	24
1.4 Lagerung	6	10.4	Max / Min Werte	24
1.5 Sicherheitshinweise	6	10.5	Messbereichswahl	24
1.6 CAT II	7	10.6	Menüstruktur / Menüsteuerung	24
1.7 Bestimmungsgemäßer Betrieb	7	10.7	Menüaufbau und Funktion	27
1.8 Gewährleistung und Reparatur	7	10.8	Mess-Eingänge	28
1.9 Wartung	8	10.9	Sicherungswechsel der Messkreissicherung	29
1.10 Umschalten der Netzspannung	8	10.10	Rückseite des HM8112-3	29
1.11 Gerätesicherung	8	<b>11</b>	<b>Messstellenumschalter H0112</b>	<b>29</b>
1.12 Netzschalter	8	<b>12</b>	<b>Befehlsliste</b>	<b>30</b>
<b>2 Bezeichnung der Bedienelemente</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>Fernbedienung</b>	<b>31</b>
<b>3 Messgrundlagen</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>Datenübertragung</b>	<b>31</b>
3.1 Messbereichsanzeige	10	14.1	Befehlsaufbau	31
3.2 OVERRANGING (Messbereichsüberschreitung)	10	14.2	Befehlsreferenz	31
3.3 Messbereichsauflösung	10			
3.4 Messgenauigkeit	10			
3.5 Single-Slope (Ein-Rampen-Verfahren)	12			
3.6 Dual-Slope (Zwei-Rampen-Verfahren)	12			
3.8 Genauigkeitsangaben	13			
<b>4 Gleichspannungsmessung</b>	<b>14</b>			
4.1 Eingangswiderstand bei Gleichspannung	14			
4.2 Serientaktunterdrückung	14			
4.3 Gleichtaktunterdrückung	14			
4.4 Thermospannungen	14			
4.5 Störeinflüsse durch induktive Einstreuungen	15			
<b>5 Widerstandsmessung</b>	<b>15</b>			
5.1 Zweidraht-Widerstandsmessung	15			
5.2 Vierdraht-Widerstandsmessung	15			
5.3 Verlustleistung der Widerstände	15			
<b>6 Wechselspannungsmessung</b>	<b>16</b>			
6.1 Wechselspannungsmessung Grundlagen	16			
6.2 Arithmetischer Mittelwert	16			
6.3 Gleichrichtwert	16			
6.4 Effektivwert	16			
6.5 Formfaktor	17			
6.6 Crestfaktor	17			
6.7 Gleich- und Wechselstrom	17			
<b>7 Temperaturmessung</b>	<b>17</b>			
7.1 Temperaturmessfühler	18			
7.2 Platin-Temperaturfühler PT100	18			
7.3 Temperaturmessung mit PT100 / PT1000	18			
7.4 NiCr-Ni Thermoelement (K-Typ)	18			
7.5 Referenzstelle	19			
<b>8 Gerätekonzept des HM8112-3</b>	<b>20</b>			
8.1 Referenz	20			
8.2 Integrierende AD-Wandler	20			

## 6½-Digit Präzisions-Multimeter HM8112-3 [HM8112-3S]



HM8112-3S: Multimeter  
mit Messstellenumschalter  
(8+1 Kanäle, je 2- und  
4-Draht)



HZ42 19" Einbausatz 2 HE



Genauere Temperatur-  
messung mit Messfühler



- ✓ 6½-stellige Anzeige (1.200.000 Punkte)
- ✓ Auflösung: 100nV, 100pA, 100μΩ, 0,01°C/F
- ✓ DC-Grundgenauigkeit 0,003%
- ✓ 2-Draht/4-Draht Messungen
- ✓ Einstellbare Messintervalle von 0,1...60s
- ✓ Bis zu 100 Messungen pro Sekunde zum PC
- ✓ Echte Effektivwertmessung AC und DC+AC
- ✓ Mathematikfunktionen: Grenzwertest, Minimum/Maximum, Mittelwert und Offset
- ✓ Temperaturmessungen mit Temperaturfühlern (PT100/PT1000) und mit Ni-Thermoelementen (K-Typ bzw. J-Typ)
- ✓ Interner Datenlogger für bis zu 32.000 Messwerte
- ✓ Offset-Korrektur
- ✓ Galvanisch getrennte USB/RS-232 Dual-Schnittstelle, optional IEEE-488 (GPIB)
- ✓ [HM8112-3S]: HM8112-3 inkl. Messstellenumschalter (8+1 Kanäle je 2- und 4-Draht)

## 6½-Digit Präzisions-Multimeter HM8112-3 [HM8112-3S]

Alle Angaben bei 23 °C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten.

### Gleichspannung

Messbereiche HM8112-3: 0,1V; 1V; 10V; 100V; 600V

Messbereiche HM8112-3S: 0,1V; 1V; 10V; 100V

Eingangswiderstand:

0,1V, 1,0V: >1 GΩ  
10V, 100V, 600V: 10 MΩ

Genauigkeit:

Errechnet aus ±[% angezeigter Wert (rdg.) + % Messbereich (f.s.)]

Messbereich	1 Jahr; % rdg.	23°C ±2°C % f.s.	Temp. Koeffizient 10...21°C + 25...40°C
0,1V	0,005	0,0006	0,0008
1,0V	0,003	0,0006	0,0008
10,0V	0,003	0,0006	0,0008
100,0V	0,003	0,0006	0,0008
600,0V	0,004	0,0006	0,0008

Integrationszeit: 0,1 s 1...60 s

Anzeigeumfang: 120,000 Digit 1.200,000 Digit

600V-Bereich: 60,000 Digit 600,000 Digit

Auflösung: 1 µV 100 nV

Nullpunkt:

Temperaturdrift: besser als 0,3 µV/°C

Langzeitstabilität: besser als 3 µV über 90 Tage

### Wechselspannung

Messbereiche HM8112-3: 0,1V; 1V; 10V; 100V; 600V

Messbereiche HM8112-3S: 0,1V; 1V; 10V; 100V

Messmethode: echter Effektivwert mit DC-Kopplung oder mit AC-Kopplung (nicht im 0,1V-Bereich)

Eingangswiderstand im Messbereich:

0,1V und 1V: 1 GΩ || <60 pF  
10...600V: 10 MΩ || <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 °C ±2°C für 1 Jahr

Bereich:	20 Hz...1 kHz	1...10 kHz	10...50 kHz	50...100 kHz	100...300 kHz
0,1V	0,1+0,08	5+0,5 (5kHz)			
1,0V	0,08+0,08	0,15+0,08	0,3+0,1	0,8+0,15	7+0,15
10,0V	0,08+0,08	0,1+0,08	0,3+0,1	0,8+0,15	4+0,15
100,0V	0,08+0,08	0,1+0,08	0,3+0,1	0,8+0,15	
600,0V	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...100 kHz: 0,08 + 0,01

Crestfaktor: 7:1 (max. 5 x Messbereich)

Integrationszeit: 0,1 s 1...60 s

Messbereichsende: 120,000 Digit 1.200,000 Digit

600V-Bereich: 60,000 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<sub>Spitze</sub> oder 600 V<sub>DC</sub>

Max. Eingangsspannung Masse gegen Gehäuse:

250 V<sub>Eff</sub> bei max. 60 Hz oder 250 V<sub>DC</sub>

### Strom

Messbereiche: 100 µA; 1 mA; 10 mA; 100 mA; 1 A

Integrationszeit: 0,1 s 1...60 s

Messbereichsende: 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...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...1,5V

Einschwingzeit: 1,5 s bis 0,1% vom Messwert

Crestfaktor: 7:1 (max 5 x Messbereich)

Eingangsschutz: Sicherung, FF 1 A 250V

### Widerstand

Messbereiche: 100 Ω, 1 kΩ, 10 kΩ, 100 kΩ, 1 MΩ, 10 MΩ

Integrationszeit: 0,1 s 1...60 s

Messbereichsende: 120,000 Digit 1.200,000 Digit

Auflösung: 1 mΩ 100 µΩ

Genauigkeit, errechnet aus ±[% rdg. + % f.s.):

Messbereich	1 Jahr; % rdg.	23°C ±2°C % f.s.	Temp. Koeffizient/°C 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. 3V

Überlastschutz: 250V<sub>s</sub>

### Temperaturmessung

PT100/PT1000 (EN60751): 2- und 4-Draht Messung

Messbereich: -200...+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...+1.372 °C

Auflösung: 0,1 °C

Toleranz: ±(0,7% rdg. + 0,3K)

NiCr-Ni (J-Typ):

Messbereich: -210...+1.200 °C

Auflösung: 0,1 °C

Toleranz: ±(0,7% rdg. + 0,3K)

### Frequenzmessung und Periodendauer

Messbereich: 1 Hz...100 kHz

Auflösung: 0,00001...1 Hz

Genauigkeit: 0,05% (rdg.)

Messzeit: 1...2 s

### Technische Daten Messstellenumschalter H0112: siehe Seite 29

### Schnittstelle

Schnittstelle: Dual-Schnittstelle USB/RS-232 (H0820),  
IEEE-488 (GPIB) (optional)

Funktionen: Steuerung/Datenabfrage

Eingangsdaten: Messfunktion, Messbereich,  
Integrationszeit, Startbefehl

Ausgangsdaten: Messwerte, Messfunktion, Messbereich,  
Integrationszeit (10 ms...60 s)

### Verschiedenes

Messpausen Bereichs- oder Funktionswechsel: ca. 125 ms bei Gleichspannung,  
Gleichstrom, Widerstand  
ca. 1 s bei Wechselspannung, Wechselstrom

Speicher: 30.000 Messungen/128 kB

Schutzart: Schutzklasse I (EN 61010-1)

Netzanschluss: 105...254 V~; 50...60 Hz, CAT II

Leistungsaufnahme: ca. 8W

Arbeitstemperatur: +5...+40 °C

Lagertemperatur: -20...+70 °C

Rel. Luftfeuchtigkeit: 5...80% (ohne Kondensation)

Abmessungen (B x H x T): 285 x 75 x 365 mm

Gewicht: ca. 3 kg

\*1 max. 1 µV nach einer Aufwärmzeit von 1,5 Stunden

\*\*1 bei rel. Luftfeuchtigkeit <60%

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung,  
Messleitung (HZ15), Schnittstellenkabel (HZ14), CD

Empfohlenes Zubehör:

H0112 Messstellenumschalter (Einbau nur ab Werk) als HM8112-3S

H0880 IEEE-488 (GPIB) Schnittstelle, galvanisch getrennt

HZ105 5 x Silikon-Messleitung (Schwarz)

HZ10R 5 x Silikon-Messleitung (Rot)

HZ10B 5 x Silikon-Messleitung (Blau)

HZ13 Schnittstellenkabel (USB) 1,8 m

HZ33 Messkabel 50 Ω, (BNC/BNC), 0,5 m

HZ34 Messkabel 50 Ω, (BNC/BNC), 1,0 m

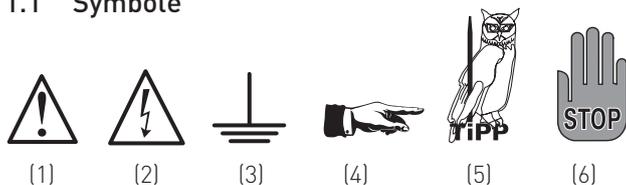
HZ42 19" Einbausatz 2HE

HZ72 IEEE-488 (GPIB) Schnittstellenkabel 2 m

HZ887 Temperaturmesssonde (PT100 -50...+400 °C)

## 1 Wichtige Hinweise

### 1.1 Symbole



- Symbol 1: Achtung - Bedienungsanleitung beachten  
 Symbol 2: Vorsicht Hochspannung  
 Symbol 3: Erdanschluss  
 Symbol 4: Hinweis - unbedingt beachten  
 Symbol 5: Tipp! - Interessante Info zur Anwendung  
 Symbol 6: Stop! - Gefahr für das Gerät

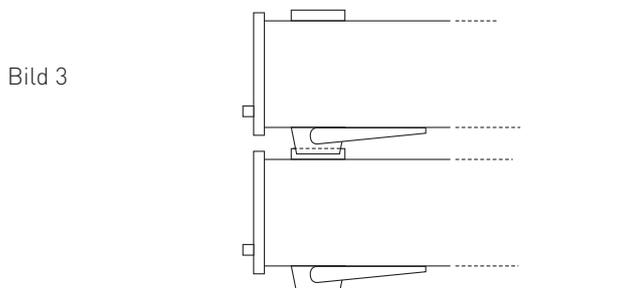
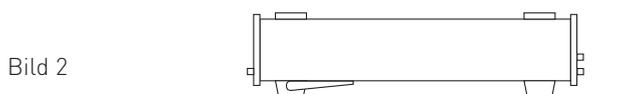
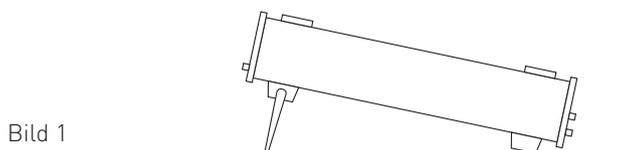
### Auspacken

Prüfen Sie beim Auspacken den Packungsinhalt auf Vollständigkeit. Entspricht die Netzversorgung den auf dem Gerät angegebenen Werten? Nach dem Auspacken sollte das Gerät auf mechanische Beschädigungen und lose Teile im Innern überprüft werden. Falls ein Transportschaden vorliegt, ist sofort der Lieferant zu informieren. Das Gerät darf dann nicht betrieben werden.

### 1.2 Aufstellen des Gerätes

Das Gerät kann in zwei verschiedenen Positionen aufgestellt werden:

Die vorderen Gerätefüße werden wie in Bild 1 aufgeklappt. Die Gerätefront zeigt dann leicht nach oben. (Neigung etwa 10°)



Bleiben die vorderen Gerätefüße eingeklappt, wie in Bild 2, lässt sich das Gerät mit vielen weiteren Geräten von HAMEG sicher stapeln.

Werden mehrere Geräte aufeinander gestellt sitzen die eingeklappten Gerätefüße in den Arretierungen des darunter liegenden Gerätes und sind gegen unbeabsichtigtes Verrutschen gesichert. (Bild 3).

Es sollte darauf geachtet werden, dass nicht mehr als drei bis vier Geräte übereinander gestapelt werden. Ein zu hoher Geräteturm kann instabil werden und auch die Wärmeentwicklung kann bei gleichzeitigem Betrieb aller Geräte, zu groß werden.

### 1.3 Transport

Bewahren Sie bitte den Originalkarton für einen eventuell späteren Transport auf. Transportschäden aufgrund einer mangelhaften Verpackung sind von der Gewährleistung ausgeschlossen.

### 1.4 Lagerung

Die Lagerung des Gerätes muss in trockenen, geschlossenen Räumen erfolgen. Wurde das Gerät bei extremen Temperaturen transportiert, sollte vor dem Einschalten eine Zeit von mindestens 2 Stunden für die Akklimatisierung des Gerätes eingehalten werden.

### 1.5 Sicherheitshinweise

Dieses Gerät ist gemäß VDE 0411 Teil 1, Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte, gebaut, geprüft und hat das Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Es entspricht damit auch den Bestimmungen der europäischen Norm EN 61010-1 bzw. der internationalen Norm IEC 61010-1. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muss der Anwender die Hinweise und Warnvermerke beachten, die in dieser Bedienungsanleitung enthalten sind. Gehäuse, Chassis und alle Messanschlüsse sind mit dem Netzschutzleiter verbunden. Das Gerät entspricht den Bestimmungen der Schutzklasse I. Die berührbaren Metallteile sind gegen die Netzpole mit 2200V Gleichspannung geprüft.

Das Gerät darf aus Sicherheitsgründen nur an vorschriftsmäßigen Schutzkontaktsteckdosen betrieben werden. Der Netzstecker muss eingesteckt sein, bevor Signalstromkreise angeschlossen werden.

Sind Zweifel an der Funktion oder Sicherheit der Netzsteckdosen aufgetreten, so sind die Steckdosen nach DIN VDE0100, Teil 610, zu prüfen.



**Das Auftrennen der Schutzkontaktverbindung innerhalb oder außerhalb des Gerätes ist unzulässig!**

- Die Netzversorgung entspricht den auf dem Gerät angegebenen Werten
- Das Öffnen des Gerätes darf nur von einer entsprechend ausgebildeten Fachkraft erfolgen.
- Vor dem Öffnen muss das Gerät ausgeschaltet und von allen Stromkreisen getrennt sein.

In folgenden Fällen ist das Gerät außer Betrieb zu setzen und gegen unabsichtlichen Betrieb zu sichern:

- Sichtbare Beschädigungen am Gerät
- Beschädigungen an der Anschlussleitung
- Beschädigungen am Sicherungshalter
- Lose Teile im Gerät
- Das Gerät arbeitet nicht mehr
- Nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen (z.B. im Freien oder in feuchten Räumen)
- Schwere Transportbeanspruchung

### 1.6 CAT II

Die folgenden Erläuterungen beziehen sich lediglich auf die Benutzersicherheit. Andere Gesichtspunkte, wie z.B. die maximal zulässige Eingangsspannung, sind den technischen Daten zu entnehmen und müssen ebenfalls beachtet werden. Es ist auch möglich mit Hilfe geeigneter Wandler (z.B. Stromzangen), welche mindestens die Anforderungen der Schutzklasse der durchzuführenden Messung erfüllen, indirekt am Netz zu messen. Bei der Messung muss die Messkategorie – für die der Hersteller den Wandler spezifiziert hat – beachtet werden.

#### Messkategorien CAT

Die Messkategorien beziehen sich auf Transienten im Spannungsversorgungsnetz. Transienten sind kurze, sehr schnelle und steile Spannungs- und Stromänderungen. Diese können periodisch und nicht periodisch auftreten. Die Höhe möglicher Transienten nimmt zu, je kürzer die Entfernung zur Quelle der Niederspannungsinstallation ist.

CAT IV Messungen an der Quelle der Niederspannungsinstallation (z.B. an Zählern).

CAT III Messungen in der Gebäudeinstallation (z.B. Verteiler, Leistungsschalter, fest installierte Steckdosen, fest installierte Motoren etc.).

CAT II Messungen an Stromkreisen, die elektrisch direkt mit dem Niederspannungsnetz verbunden sind (z.B. Haushaltsgeräte, tragbare Werkzeuge etc.)

CAT I Elektronische Geräte und abgesicherte Stromkreise in Geräten.

### 1.7 Bestimmungsgemäßer Betrieb

Betrieb in folgenden Bereichen: Industrie-, Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe. Die Geräte sind zum

Gebrauch in sauberen, trockenen Räumen bestimmt. Sie dürfen **nicht** bei besonders großem Staub- bzw. Feuchtigkeitsgehalt der Luft, bei Explosionsgefahr sowie bei aggressiver chemischer Einwirkung betrieben werden.

Die zulässige Umgebungstemperatur während des Betriebes reicht von +5°C ... +40°C. Während der Lagerung oder des Transportes darf die Temperatur zwischen -20°C und +70°C betragen. Hat sich während des Transportes oder der Lagerung Kondenswasser gebildet muss das Gerät ca. 2 Stunden akklimatisiert und getrocknet werden. Danach ist der Betrieb erlaubt.

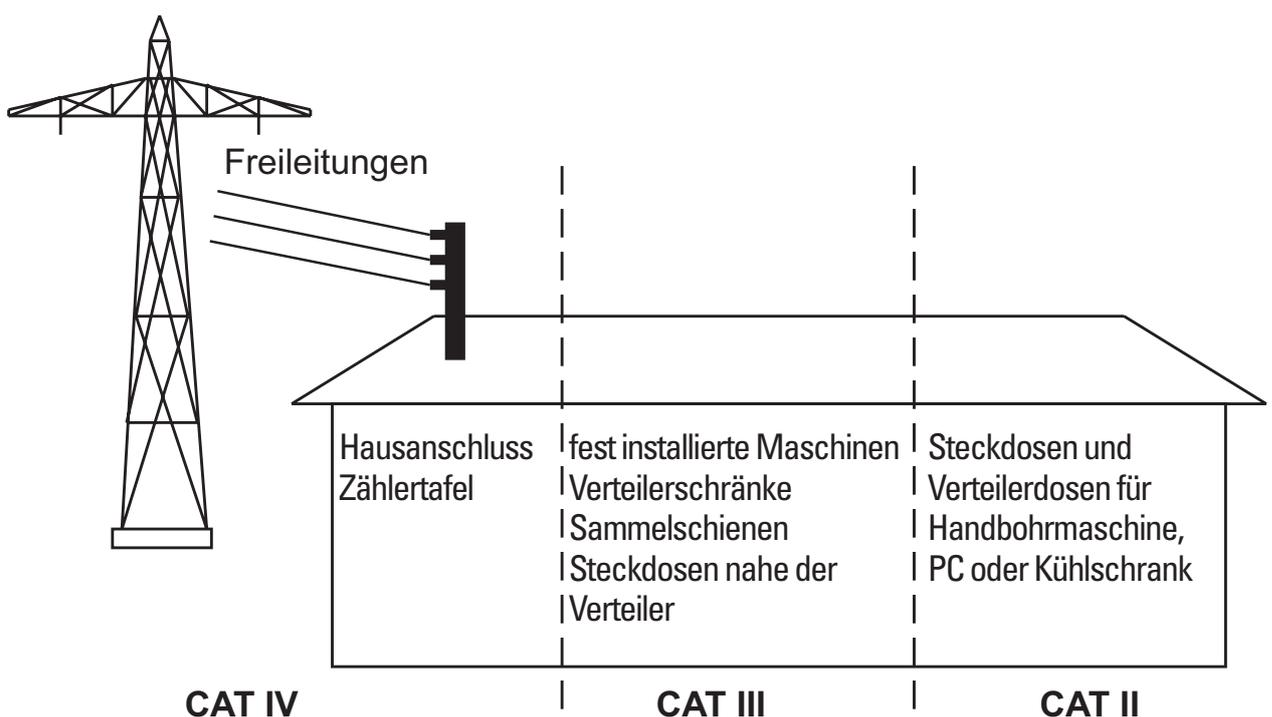
Die Betriebslage ist beliebig. Eine ausreichende Luftzirkulation (Konvektionskühlung) ist jedoch zu gewährleisten. Bei Dauerbetrieb ist folglich eine horizontale oder schräge Betriebslage (Aufstellbügel aufgeklappt) zu bevorzugen.

Nennwerten mit Toleranzangaben gelten nach einer Anwärmzeit von 30 Minuten, bei einer Umgebungstemperatur von 23°C. Werte ohne Toleranzangabe sind Richtwerte eines durchschnittlichen Gerätes.

### 1.8 Gewährleistung und Reparatur

HAMEG Geräte unterliegen einer strengen Qualitätskontrolle. Jedes Gerät durchläuft vor dem Verlassen der Produktion einen 10-stündigen „Burn in-Test“. Im intermittierenden Betrieb wird dabei fast jeder Frühausfall erkannt. Anschließend erfolgt ein umfangreicher Funktions- und Qualitätstest, bei dem alle Betriebsarten und die Einhaltung der technischen Daten geprüft werden. Die Prüfung erfolgt mit Prüfmitteln, die auf nationale Normale rückführbar kalibriert sind.

Es gelten die gesetzlichen Gewährleistungsbestimmungen des Landes, in dem das HAMEG-Produkt erworben wurde. Bei Beanstandungen wenden Sie sich bitte an den Händler, bei dem Sie das HAMEG-Produkt erworben haben.



### Nur für die Länder der EU:

Um den Ablauf zu beschleunigen, können Kunden innerhalb der EU die Reparaturen auch direkt mit HAMEG abwickeln. Auch nach Ablauf der Gewährleistungsfrist steht Ihnen der HAMEG Kundenservice für Reparaturen zur Verfügung.

### Return Material Authorization (RMA):

Bevor Sie ein Gerät an uns zurücksenden, fordern Sie bitte in jedem Fall per Internet: <http://www.hameg.de> oder Fax eine RMA-Nummer an. Sollte Ihnen keine geeignete Verpackung zur Verfügung stehen, so können Sie einen leeren Originalkarton über den HAMEG-Service (Tel: +49 (0) 6182 800 500, E-Mail: [service@hameg.de](mailto:service@hameg.de)) bestellen.

## 1.9 Wartung

Die Außenseite des Gerätes sollte regelmäßig mit einem weichen, nicht fasernden Staubtuch gereinigt werden.



**Bevor Sie das Gerät reinigen stellen Sie bitte sicher, dass es ausgeschaltet und von allen Spannungsversorgungen getrennt ist.**



**Keine Teile des Gerätes dürfen mit Alkohol oder anderen Lösungsmitteln gereinigt werden!**

Die Anzeige darf nur mit Wasser oder geeignetem Glasreiniger (aber nicht mit Alkohol oder Lösungsmitteln) gesäubert werden, sie ist dann noch mit einem trockenen, sauberen, fusselreifen Tuch nachzureiben. Keinesfalls darf die Reinigungsflüssigkeit in das Gerät gelangen. Die Anwendung anderer Reinigungsmittel kann die Beschriftung oder Kunststoff- und Lackoberflächen angreifen.

## 1.10 Umschalten der Netzspannung

Vor Inbetriebnahme des Gerätes prüfen Sie bitte, ob die verfügbare Netzspannung (115V oder 230V) dem auf dem Netzspannungswahlschalter des Gerätes angegebenen Wert entspricht. Ist dies nicht der Fall, muss die Netzspannung umgeschaltet werden. Der Netzspannungswahlschalter befindet sich auf der Geräterückseite.

## 1.11 Gerätesicherung

Das Gerät hat zwei Netzsicherungen: T0,2A intern. Sollte einer dieser Sicherungen ausfallen liegt ein Reparaturfall vor. Aus Auswechseln der Sicherungen durch den Kunden ist nicht vorgesehen.

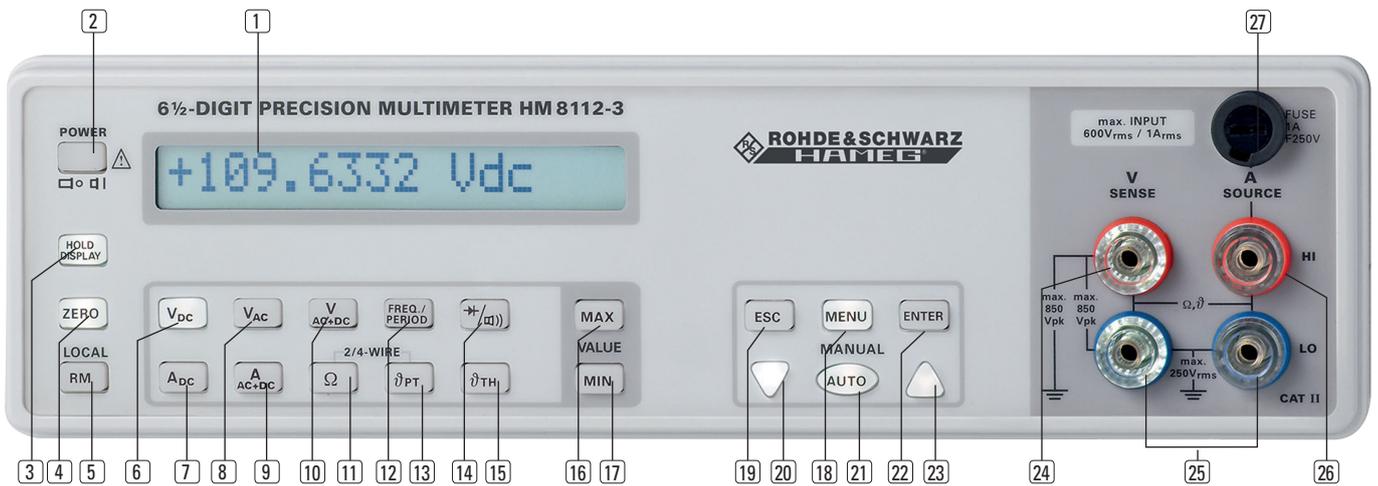


## 1.12 Netzschalter

Normalerweise ist der Netzschalter auf der Geräterückseite eingeschaltet, sodass die hochwertige Referenz ständig verfügbar ist. Mit der „Stand-by Taste“ auf der Vorderseite des Gerätes werden nur das Bedienteil und die Anzeige ausgeschaltet. Das eigentliche Messgerät bleibt – solange es mit dem Stromversorgungsnetz verbunden ist – eingeschaltet. Dies hat den Vorteil, dass das Gerät nach dem Einschalten aus der Standby-Funktion sofort betriebsbereit ist. Auch die Referenz wird geschont, da das Ein/Ausschalten entfällt. Soll das Gerät komplett ausgeschaltet werden, muss der Netzschalter auf der Rückseite des Gerätes betätigt werden.



**Bleibt das Gerät für längere Zeit unbeaufsichtigt, muss das Gerät aus Sicherheitsgründen am Netzschalter ausgeschaltet werden.**



## 2 Bezeichnung der Bedienelemente

- 1 **DISPLAY** – 16-stelliges Display
- 2 **POWER** – Stand-By / EIN
- 3 **HOLD DISPLAY** – angezeigter Wert im Display speichern
- 4 **ZERO** – Nullabgleich der Messstrecke
- 5 **RM/LOCAL-Taste** – Fernbedienung über Interface ausschalten
- 6 **V<sub>DC</sub>** – Gleichspannungs-Messung
- 7 **A<sub>DC</sub>** – Gleichstrom-Messung
- 8 **V<sub>AC</sub>** – Wechselspannungs-Messung mit AC-Kopplung
- 9 **A<sub>AC</sub>** – Wechselstrom-Messung
- 10 **V<sub>AC+DC</sub>** – Wechselspannungs-Messung mit DC-Kopplung
- 11 **Ω** – Widerstandsmessung, 2- und 4-Draht
- 12 **FREQ./PERIOD** – Frequenz und Periodendauer mit V<sub>AC</sub>
- 13 **δPT** – Temperaturmessung mit PT-Messfühler, 2- und 4-Draht
- 14 **\*/|)** – Dioden- / Durchgangsprüfung
- 15 **δTH** – Temperaturmessung mit Thermoelement, 2-Draht
- 16 **MAX** – maximaler Messwert während einer Messreihe
- 17 **MIN** – minimaler Messwert während einer Messreihe

- 18 **MENU** – Auswahl Menüsystem, Übernahme von Menüpunkt / Parameter
- 19 **ESC** – Verlassen des Menüsystems ohne Werte zu übernehmen
- 20 **▽** – Abwärts: Messbereichstaste und Scrollfunktion im Menü
- 21 **AUTO** – Umschalten manuelle / automatische Messbereichswahl
- 22 **ENTER** – Sonderfunktion: Auswahl der Parameter im Logger-Menü
- 23 **△** – Aufwärts: Messbereichstaste und Scrollfunktion im Menü
- 24 **V SENSE** – Eingang für Spannungs-, Frequenz-, Widerstands-, Temperaturmessung
- 25 **LO** – Bezugsmasse für Messung
- 26 **A SOURCE** – Eingang für Strommessung
- 27 **FUSE** – Messkreissicherung 1 A / 250 V (superflink)

### Geräterückseite

- 28 **Kaltgeräteeinbaustecker** mit Netzschalter
- 29 **USB/RS-232 Schnittstelle**  
Option: HO880 IEEE-488 (GPIB), eingebauter Messstellenumschalter im HM8112-3S
- 30 **Netzspannungswahlschalter** (115 V bzw. 230 V)



### 3 Messgrundlagen

**Messen bedeutet:**

**Der reproduzierbare Vergleich einer unbekanntes Größe mit einer bekannten Bezugsgröße und die Darstellung als Vielfaches der Einheit der Bezugsgröße.**

#### 3.1 Messbereichsanzeige

Es gibt unterschiedliche Arten die Anzeige eines Multimeters zu beschreiben. Am einfachsten ist die Angabe der möglichen Messpunkte. Der Anzeigebereich eines Digitalmultimeters, kurz DMM, gibt somit an wie viele Anzeigeschritte das DMM darstellen kann. Die Definition des Anzeigebereiches lässt sich am besten anhand von Beispielen erklären.

Zur Erklärung dienen ein 6-stelliges, ein 6½-stelliges und ein 6¾-stelliges DMM.

	6-stelliges DMM	6½-stelliges DMM	6¾-stelliges DMM
Anzeigebereich:	0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0
bis	9 9 9 9 9 9	1 9 9 9 9 9 9	3 9 9 9 9 9 9
Messpunkte:	1.0 0 0 0 0 0 Digit	2.0 0 0 0 0 0 Digit	4.0 0 0 0 0 0 Digit

Die 6 gibt an wie viele Ziffern im Display immer angezeigt werden. Der Bruch ½ bzw. ¾ gibt an, bei welcher Ziffer an der ersten Stelle des Displays eine Umschaltung in den nächsten Messbereich erfolgt (Dekadenwechsel). Diese Umschaltung in den nächst größeren Messbereich ist mit der Einbuße einer Stelle in der Anzeige verbunden. Die Auflösung reduziert sich somit um eine Stelle.

Nachfolgend ein Beispiel zur Umschaltung der Stellenzahl in der Anzeige wenn in den nächsten Messbereich gewechselt wird.

Messwert 1:	1 0 V	1 0 V	1 0 V
Anzeige 1:	1 0,0 0 0	1 0,0 0 0 0 0	1 0,0 0 0 0 0
Messwert 2:	2 0 V	2 0 V	2 0 V
Anzeige 2:	2 0,0 0 0	2 0,0 0 0 0	2 0,0 0 0 0 0
		Dekadenwechsel	
Messwert 3:	3 9,9 9 9 9 9 V	3 9,9 9 9 9 9 V	3 9,9 9 9 9 9 V
Anzeige 3:	3 9,9 9 9	3 9,9 9 9 9	3 9,9 9 9 9 9
Messwert 4:	4 0 V	4 0 V	4 0 V
Anzeige 4:	4 0,0 0 0	4 0,0 0 0 0	4 0,0 0 0 0
		Dekadenwechsel	

 Die Messbereichsanzeige von 6½ Stellen ist nur bei einer Messzeit von 60s möglich.

#### 3.2 OVERRANGING (Messbereichsüberschreitung)

Im vorherigen Beispiel hat unser 6½-stelliges DMM einen Anzeigebereich von 2.000.000 Digit. Der Dekadensprung erfolgte an der ersten Stelle im Display beim Übergang von der Ziffer 1 zur Ziffer 2. Ein anderes 6½-stelliges DMM hat einen Anzeigebereich von 1.250.001 Digit. Hier erfolgt der Dekadensprung ebenfalls an der ersten Stelle im Display, aber beim Übergang der dritten Stelle im Display von der Ziffer 5 zur Ziffer 6.

	6½-stelliges DMM1	6½-stelliges DMM2
Anzeigebereich:	0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0
bis	1 9 9 9 9 9 9	1 2 5 0 0 0 0
Messpunkte:	2.0 0 0 0 0 0 Digit	1.2 5 0 0 0 1 Digit
Messwert 1:	1 0 V	1 0 V
Anzeige 1:	1 0,0 0 0 0 0	1 0,0 0 0 0 0
Messwert 2:	1 2,5 0 0 0 0 V	1 2,5 0 0 0 0 V
Anzeige 2:	1 2,5 0 0 0 0	1 2,5 0 0 0 0

Messwert 3:	1 2,6 0 0 0 0 V	1 2,6 0 0 0 0 V
Anzeige 3:	1 2,6 0 0 0 0	1 2,6 0 0 0
		Dekadenwechsel

Das DMM1 mit 2.000.000 Digit kann bis 1 999 999 anzeigen, das DMM2 mit 1.250.001 Digit kann jedoch nur Werte bis 1 250 000 anzeigen. Das DMM1 wird mit einem Overrange von 100% angegeben. Dagegen hat das DMM2 ein Overrange von 25%. Würde bei DMM2 die Anzahl der Messpunkte 1.400.000 Digit betragen, hätte das Gerät einen Overrange von 40%.



**Der Messbereich eines DMM ergibt sich aus dem Messbereichsendwert minus Overrange.**

Beispiel: 6½-stelliges DMM mit 1.2 5 0 0 0 1 Digit

Messbereichsendwert:	12,50000 V
- Overrange:	2,50000 V
Messbereich:	10,00000 V

#### 3.3 Messbereichsauflösung

Die Auflösung eines digitalen Messgerätes entspricht dem Wert der letzten Stelle der Anzeige. Der digital erfasste Messwert wird somit quantisiert dargestellt. Im Gegensatz dazu ist die Auflösung eines analogen Messgerätes durch den kleinsten vom Betrachter erkennbaren Ausschlag vorgegeben. Bei der analogen Messung wird zu jedem Messwert eindeutig eine Messwertanzeige zugeordnet.



**Die Auflösung eines DMM ergibt sich aus der Anzahl der Digit. Dazu wird der Kehrwert der Digit ohne Messbereichsüberschreitung gebildet.**

Beispiel: 6½-stelliges DMM mit 1.2 0 0 0 0 0 Digit

**Der Overrangebereich beträgt 200.000 Digit, somit ergibt sich für die Auflösung:**

$$\frac{1}{1.200.000 - 200.000} = 0,000001$$

dies entspricht 0,0001% vom Messbereich

Ein DMM hat im 100 V-Bereich eine Auflösung von 0,1 V. Wird nun eine Spannung von 100,05 V gemessen, kann das DMM unter Vernachlässigung der restlichen möglichen Messabweichungen, entweder 100,0 V oder 100,1 V anzeigen. Bedingt durch die Auflösung kann das DMM niemals genauer als mit einer Abweichung von 0,1% messen.

#### 3.4 Messgenauigkeit

Die Messgenauigkeit eines digitalen Messgerätes wird von vorneherein durch die Auflösung des Messgerätes begrenzt. Die theoretisch maximale Genauigkeit der Messung und auch die letzte sinnvolle Stelle der Anzeige ist bestimmt durch den kleinsten Quantisierungsschritt (LSB = lowest significant Bit) des analog/digital-Wandlers (A/D-Wandler).

**Die Messgenauigkeit eines digitalen Multimeters wird durch folgende Faktoren beeinflusst:**

- Bauteiltoleranzen und Temperaturabhängigkeit der Bauteile und Verstärker
- Stabilität der Referenzspannung des DMM
- Eigenschaften des A/D-Wandlers

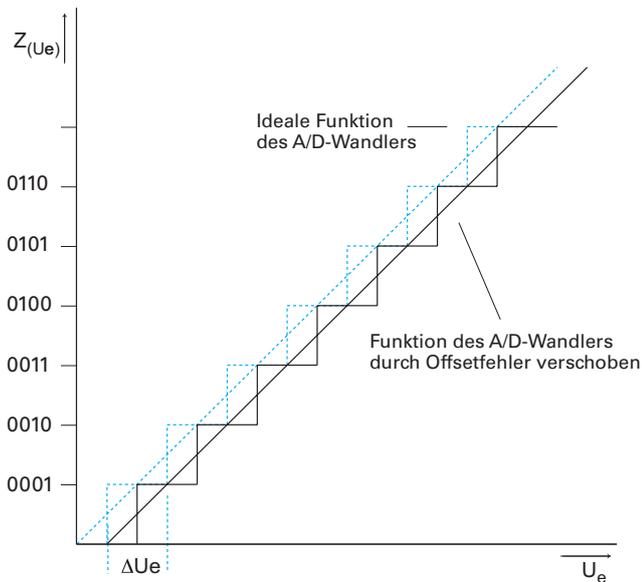


Abb. 1: A/D-Wandler Offsetfehler

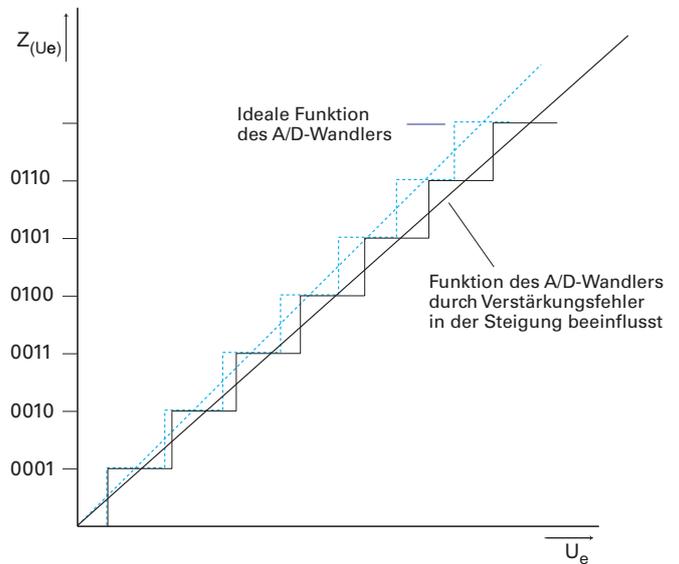


Abb. 2: A/D-Wandler Verstärkungsfehler

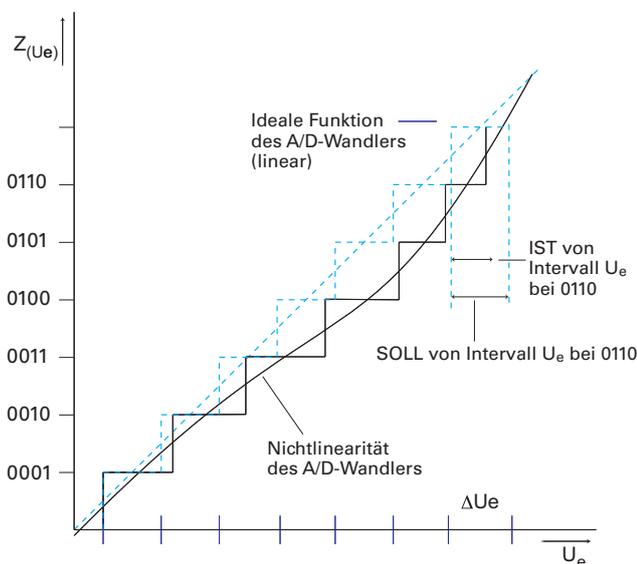


Abb. 3: A/D-Wandler differentielle Nichtlinearität

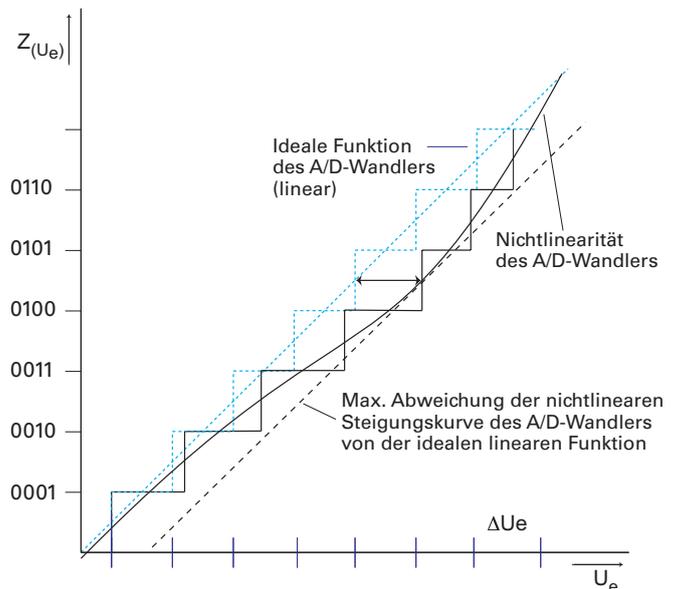


Abb. 4: A/D-Wandler integrale Nichtlinearität

**Offsetfehler des A/D-Wandlers**

Der Eingangverstärker des DMM ist nicht richtig abgeglichen und besitzt einen Offset. Dieser Offset führt bei der A/D-Wandlung zum Offsetfehler (Abb. 1).

**Steigungsfehler (Verstärkungsfehler) des A/D-Wandlers**

Der Eingangverstärker ändert mit der Temperatur sein Verstärkungsverhalten oder der Verstärkungsabgleich wurde nicht gewissenhaft durchgeführt. Somit weicht die Steigung der Funktion vom idealen Wert ab (Abb. 2).

**Differentielle Nichtlinearität des A/D-Wandlers**

Die Quantisierungsschritte eines A/D-Wandlers sind nicht alle gleich groß und weichen von dem idealen theoretischen Wert ab. Die differentielle Nichtlinearität gibt an, um wie viel sich jeder wirkliche (IST) Spannungsintervall, bei der Umsetzung der

analogen Spannung  $U_e$ , von dem idealen Spannungsintervall (SOLL)  $\Delta U_e$  unterscheidet (Abb. 3).

Differentieller Linearitätsfehler =  $k \times \Delta U_e$ ;

$k$  = Faktor beschreibt Verhältnis  $\Delta U_e$  (IST) zu  $\Delta U_e$  (SOLL)

**Linearitätsfehler (Integrale Nichtlinearität) des A/D-Wandlers**

Aufgrund der einzelnen differentiellen Linearitätsfehler und deren Summierung ergibt sich ein maximaler Fehler zwischen der idealen Umsetzungsfunktion und der wirklichen Umsetzungsfunktion. Der Linearitätsfehler gibt den größten Wert des Abstandes zwischen den beiden Funktionen an (Abb. 4).

**Wandelverfahren**

Nachfolgend werden das Single Slope, Dual Slope und das Multi Slope Verfahren beschrieben. Diese Sägezahn A/D-Umsetzer beruhen auf einem gemeinsamen Prinzip. Die Umsetzung der Eingangsspannung in eine dazu proportionale Zeit.

### 3.5 Single-Slope (Ein-Rampen-Verfahren)

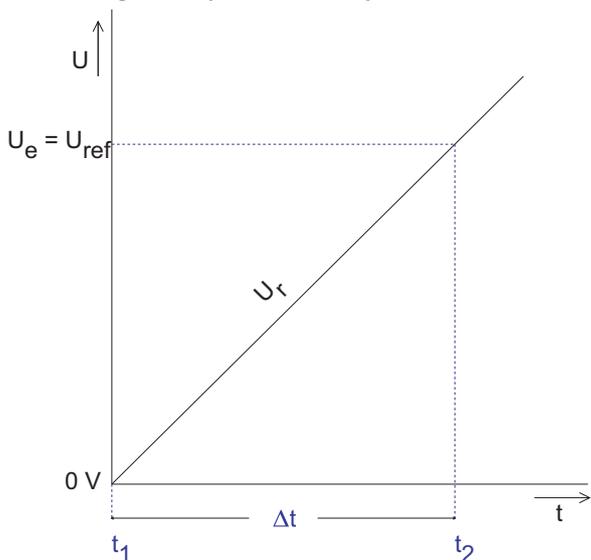


Abb. 5: Single-Slope

Das einfachste Verfahren ist das Single Slope Verfahren. Dabei wird die Referenzspannung  $U_{ref}$  integriert. Es ergibt sich eine vom negativen ins positive ansteigende Rampenspannung  $U_r$ . Mit zwei Komparatoren wird nun das Eingangssignal  $U_e$  mit  $0V$  und mit  $U_r$  verglichen. Beginnt die Rampenspannung  $U_r$  bei  $t_1$  mit  $0V$ , wird ein Zähler gestartet. Erfüllt die Rampenspannung die Bedingung  $U_{r(t_2)} = U_e$ , wird der Zähler wieder gestoppt. Die Anzahl der gezählten Impulse ist proportional zu der gemessenen Eingangsspannung  $U_e$ . Ein großer Nachteil ist die Genauigkeit dieses Verfahrens. Es ist direkt von  $R$  und  $C$  des Integrators abhängig.

### 3.6 Dual-Slope (Zwei-Rampen-Verfahren)

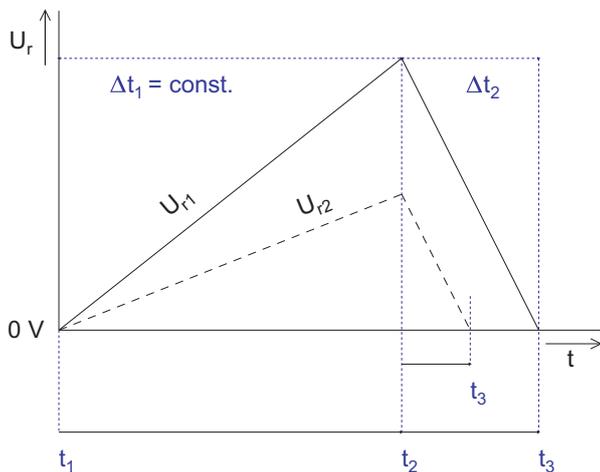


Abb. 6: Dual-Slope Prinzip

Beim Dual-Slope-Verfahren gibt es keine direkte Abhängigkeit vom RC-Glied des Integrators. Zu Beginn der Messung startet ein Zähler beim Zeitpunkt  $t_1$ . Für die konstante Zeitspanne  $\Delta t_1$  wird die Eingangsspannung  $U_e$  mit dem Integrator aufintegriert. Hat der Zähler seinen Maximalwert erreicht, ist die Zeitspanne  $\Delta t_1$  vorbei und die Eingangsspannung  $U_e$  wird vom Integrator getrennt. Die Referenzspannung  $U_{ref}$  wird nun mit entgegengesetzter Polarität an den Integrator geschaltet. Der Zähler beginnt beim Zeitpunkt  $t_2$  erneut zu zählen. Die Rampenspannung  $U_r$  ändert ihre Steigung und strebt Richtung Null-Linie. Der Zähler erfasst jetzt die Zeit bis zum Nulldurchgang der

Rampenspannung  $U_r$ . Beim Zeitpunkt  $t_3$  beträgt die Rampenspannung  $U_r = 0V$  und der Zähler stoppt. Die Größe der Zeit  $\Delta t_2 = t_3 - t_2$  ist direkt proportional zur Eingangsspannung. Wird eine große Eingangsspannung an den Integrator angelegt, wird nach Ablauf der Integrationszeit  $\Delta t_1$  eine höhere Rampenspannung  $U_{r1}$  erreicht als beim Anlegen einer kleinen Eingangsspannung. Eine kleine Eingangsspannung ergibt eine Rampe mit kleinerer Steigung und geringerer Rampenspannung (siehe  $U_{r2}$ ). Weil die zum Zeitpunkt  $t_2$  an den Integrator angeschlossene Referenzspannung  $U_{ref}$  konstant ist, dauert es unterschiedlich lange, bis die Kapazität des Integrators entladen ist. Es dauert länger, die höhere Rampenspannung  $U_{r1}$  zu entladen als die kleinere Rampenspannung  $U_{r2}$ . Aus dieser unterschiedlichen Entladezeit  $\Delta t_2 = t_3 - t_2$  und der konstanten Referenzspannung lässt sich die zu messende Eingangsspannung  $U_e$  bestimmen.

#### Vorteile:

Die Genauigkeit der Messung ist jetzt nicht mehr von der Genauigkeit des RC-Gliedes des Integrators abhängig. Nur während der Zeitspanne  $\Delta t_1 + \Delta t_2$  müssen die Werte von  $R$  und  $C$  konstant sein. Ändern sich die Werte von  $R$  und  $C$  langfristig, ändert sich auch die Steigung der Rampenspannung.

Wird die Steigung der Rampe beim Aufintegrieren der Eingangsspannung größer, ergibt sich zum Zeitpunkt  $t_2$  ein höherer Spannungswert für  $U_r$ . Die größere Steigung wirkt aber auch beim Integrieren der Referenzspannung, so dass die Kapazität des Integrators schneller entladen wird.

Der Nulldurchgang wird trotz der höheren Spannung  $U_{r(t_2)}$  schneller erreicht. Die abfallende Rampe schneidet die Nulllinie wieder bei  $t_3$ .

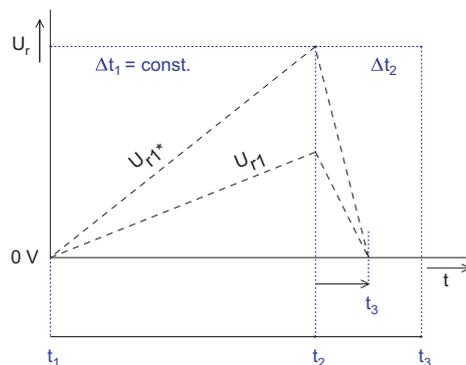


Abb. 7: Dual-Slope: Drift von RC-Konstante

Da nicht der Momentanwert der Messung, sondern der Mittelwert über die Zeit  $\Delta t_1$  für das Messergebnis relevant ist, werden Wechselspannungen hoher Frequenz gedämpft. Besitzt die Wechselspannung eine Frequenz mit ganzzahligen Vielfachen von  $1/\Delta t_1$ , wird diese vollständig unterdrückt. Wird  $\Delta t_1$  gleich der Periodendauer oder einem ganzzahligen Vielfachen der Netzfrequenz gewählt, werden Netzbrummspannungen unterdrückt.

### 3.7 Multi-Slope (Mehr-Rampen-Verfahren)

Das Multi-Slope-Verfahren baut auf dem Dual-Slope-Verfahren auf. Es wird aus mehreren Messungen nach dem Dual-Slope-Verfahren rechnerisch der Mittelwert gebildet. Dieser errechnete Wert wird dann angezeigt. Die Anzahl der einzelnen Werte zur Mittelwertbildung ist entscheidend, wie stark Störungen

unterdrückt werden. Da kontinuierlich über die Eingangsspannung aufintegriert und anschließend die Referenzspannung abintegriert wird, sind drei weitere Schritte notwendig. Die einzelnen Schritte zur Wandlung eines einzelnen Messwertes werden nachfolgend beschrieben. Zur Mittelwertbildung ist eine Anzahl mehrerer Messwerte erforderlich.

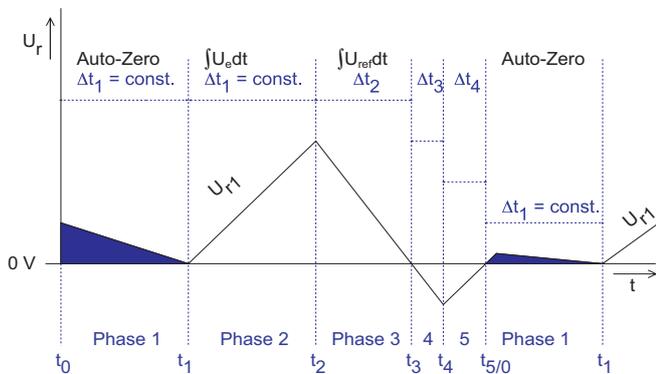


Abb. 8: Multi-Slope

**Phase 1: Auto-Zero - konstante Zeitspanne  $\Delta t_1$**

Die Dauer des Auto-Zero ist im allgemeinen genau so lange wie die Integrationszeit der zu messenden Spannung  $U_e$ . Damit wird sichergestellt, dass alle zu erwartenden Fehler erfasst werden. Die durch Offsetspannungen der Komparatoren und des Integrators erzeugten Fehler werden durch einen gezielten Offset (meist separat geladenes C) kompensiert.

**Phase 2: Integration der zu messenden Spannung  $U_e$**   
konstante Zeitspanne  $\Delta t_1$

**Phase 3: Integration der Referenzspannung  $U_{ref}$**

$\Delta t_2$  ist abhängig von der Höhe der Rampenspannung  $U_r$  zum Zeitpunkt  $t_2$ . Die Dauer dieser Zeitspanne muss sehr genau gemessen werden, da daraus die gemessene Eingangsspannung  $U_e$  bestimmt wird.

**Phase 4: Überschwingen  $\Delta t_3$**

Aufgrund von Verzögerungen im Integrator und in der Ansteuerung (z.B.  $\mu$ Controller) kommt es zum Überschwingen. Die Kapazität C des Integrators lädt sich entgegengesetzt auf. Diese Ladung wird in Phase 5 beseitigt.

**Phase 5: Integrator Output Zero  $\Delta t_4$**

Die durch das Überschwingen des Integrators entstandene Ladung im C wird entladen.

**3.8 Genauigkeitsangaben**

Die Genauigkeitsangaben bei Multimetern bestehen aus verschiedenen Größen.

**Die Messabweichung** wird angegeben als:

$\pm$  [xx % vom angezeigten Messwert + xx % vom Messbereich] bei einer Temperatur xx °C  $\pm$  xx % ; über einen Zeitraum von (xx Stunden, xx Tage, xx Jahren)

**Beispiel: Messbereich 10 V;**

$\pm$  (0,004% rdg + 0,001% f.s.) über 24 h bei 23  $\pm$  1 °C

**Der Temperaturkoeffizient (TK)** gibt die Abweichung pro °C über einen definierten Temperaturbereich an.

**Beispiel: Messbereich 10V;**

$\pm$  (0,001% rdg /°C) im Temperaturbereich (10 ... 21°C).

**Die Langzeitstabilität** (long term stability) gibt die nicht reversible Abweichung (Drift) des Gerätes über einen bestimmten Zeitraum an. Als gebräuchliche Intervalle werden verwendet: 30 Tage, 90 Tage, 6 Monate, 1 Jahr, 2 Jahre.

**Beispiel: Langzeitstabilität besser als 3  $\mu$ V über 90 Tage bei 23  $\pm$  2 °C**

**Die Kurzzeitstabilität** (short term stability) zeigt an in wie weit ein Messgerät für vergleichende Messungen mit anderen Messgeräten geeignet ist. Dies gilt für einen kurzen Zeitraum in einem eingegrenzten Temperaturbereich.

**Beispiel: Kurzzeitstabilität besser als 0,02  $\mu$ V innerhalb 24 Std. bei 23  $\pm$  1 °C**



**Gesucht: Die mögliche Gesamtabweichung bei 16 °C Umgebungstemperatur im Messbereich 10V, innerhalb einer Zeit von 14 Std. Der angezeigte Messwert beträgt 6,00000 V ?**

**Berechnung:**

$\pm$  (0,004% von 6,0 V + 0,001% von 10 V) über 24 h bei 23  $\pm$  1 °C ergibt 0,00034 V

$\pm$  (0,001% von 6,0 V / °C) x  $\Delta T$  im Temperaturbereich (10 ... 21 °C) mit  $\Delta T = (23-1 °C) - 16 °C = 6 °C$  ergibt 0,00036 V

Die mögliche Gesamtabweichung errechnet sich aus der Summe und beträgt 0,00070 V

## 4 Gleichspannungsmessung

### 4.1 Eingangswiderstand bei Gleichspannung

Um die hohe Linearität des Messverfahrens auszunutzen, ist der Eingangswiderstand für Spannungsmessungen bis 1 V sehr hochohmig gewählt (>1 GΩ). In diesem Bereich erlaubt das Gerät noch genaue Messungen mit maximal 1 ppm Lastfehler an Messobjekten mit 1 kΩ Innenwiderstand.

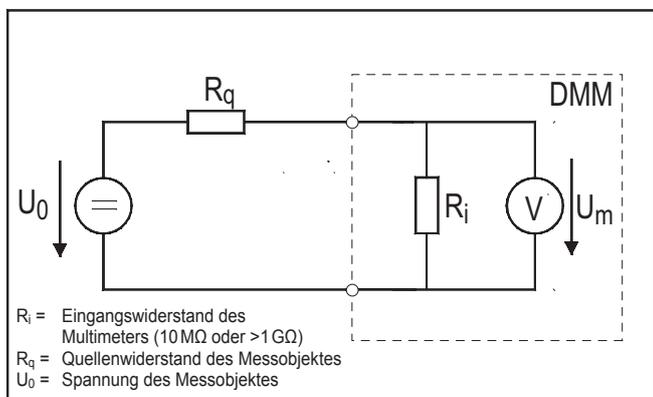


**Im 10 V-, 100 V- und 1.000 V-Bereich verursachen beispielsweise 100 Ω Innenwiderstand des Messobjektes bei 100.000 Auflösung schon den entsprechenden Fehler von einem Ziffernschritt.**

Die Werte des Eingangswiderstandes in den einzelnen Messbereichen und der max. Anzeigebereich sind in der folgenden Tabelle angegeben, max. Anzeigebereich bei 1 sec oder 10 sec Integrationszeit:

Bereich	maximaler Anzeigebereich	Eingangswiderstand	maximale Auflösung
100 mV	1 200 000	1 GΩ	100 nV
1 V	1 200 000	1 GΩ	1 μV
10 V	1 200 000	10 MΩ	10 μV
100 V	1 200 000	10 MΩ	100 μV
600 V	600 000	10 MΩ	1 mV

Den Einfluss des Quellenwiderstandes veranschaulicht die folgende Abbildung.



Der Fehler in % für eine Messung ergibt sich dann wie folgt:

$$\text{Fehler (\%)} = \frac{100 \times R_q}{R_q + R_i}$$

Beispiel:

$R_i \geq 1 \text{ G}\Omega$ ;  $R_q = 10 \text{ k}\Omega$ , Messfehler = 0,001% (10 ppm)



**Der in der Messtechnik oft verwendete Fehler in ppm (parts per million) ergibt sich aus Fehler (%) x 10 000.**

### 4.2 Serientaktunterdrückung

Einer der Hauptvorteile eines integrierenden Messverfahrens liegt in der hohen Unterdrückung von Serien-Wechselspannungsanteilen (z.B. Netzeinstreuungen), die der eigentlichen Signalspannung überlagert sind. Für Frequenzen, bei denen die Messzeit ein ganzzahliges Vielfaches der Periodendauer bildet,

ergibt sich theoretisch eine unendlich hohe Störunterdrückung. Wegen des vollintegrierenden Messverfahrens heben sich so die positiven und negativen Halbwellen des Netzbrummens auf. Die Netzeinstreuungen können somit fast vollständig unterdrückt werden. Das Multifunktionsmeter HM8112-3 erreicht eine Serientaktunterdrückung von >100 dB bei Netzfrequenzen von 50/60 Hz ± 5%.

### 4.3 Gleichtaktunterdrückung

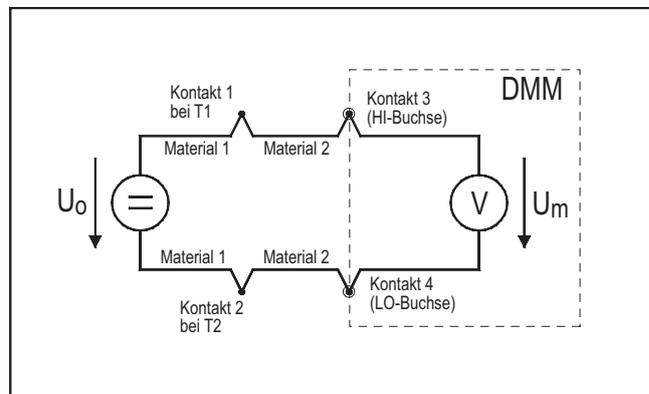
Als Gleichtaktunterdrückung bezeichnet man die Fähigkeit eines Messgerätes, nur das gewünschte Differenzsignal zwischen „HI“- und „LO“- Eingang anzuzeigen, eine für beide Klemmen gleiche Spannung gegen Erde dagegen möglichst zu unterdrücken. In einem idealen System würde kein Fehler entstehen. In der Praxis wandeln Streukapazitäten, Isolationswiderstände und ohmsche Unsymmetrien einen Teil der Gleichtaktspannung in eine Serienspannung um.

### 4.4 Thermospannungen

Eine der häufigsten Fehlerursachen bei Gleichspannungsmessungen im Kleinsignalbereich sind die thermoelektrisch hervorgerufenen Spannungen. Sie entstehen an Kontaktübergangsstellen von unterschiedlichen Metallen, die sich auf gleichem oder verschiedenem Temperaturniveau befinden.

Die Skizze veranschaulicht die möglichen Thermospannungsquellen in einem Messkreis, die an einer externen Verbindungsstelle (Kontakt 1/2), aber auch in den Buchsen des Messgerätes vorhanden sein können.

Deshalb ist immer darauf zu achten, die Verbindungen stets mit gleichem Material auszuführen oder zumindest Materialien zu verwenden, die, wenn sie miteinander verbunden werden, nur sehr kleine Thermospannungen erzeugen.



Die untenstehende Tabelle zeigt die unterschiedlichen Thermospannungen für diverse Materialkombinationen.

Kontaktmaterialien	ca. Thermospannung
Cu - Cu	<0,3 μV/°C
Cu - Ag (Silber)	0,4 μV/°C
Cu - Au (Gold)	0,4 μV/°C
Cu - Sn (Zinn)	2-4 μV/°C; je nach Zusammensetzung

Besteht beispielsweise Material 1 aus einer Silberzuleitung und Material 2 aus einem Kupferkabel, so ergibt sich bei einem Temperaturunterschied von nur 1 °C zwischen den Kontakten 1 und 2 bereits eine Thermospannung von 400 nV. Dies würde im kleinsten Spannungsbereich bei einer 7½-stelliger Auflösung (10 nV Empfindlichkeit) einen Fehler von ±40 Digit ergeben. Bei 6½-stelliger Auflösung einen Fehler von ±4 Digit. Beim HM8112-3 mit 6½-stelliger Auflösung läge der Einfluss der Thermospannung im letzten Digit.



### 4.5 Störeinflüsse durch induktive Einstreuungen

Befinden sich die Messleitungen in der Nähe von sich zeitlich ändernden Magnetfeldern, so wird in den Leitungen eine Störspannung induziert, die in Serie zur Messspannung liegt. So ein Störer kann beispielsweise die benachbarte Starkstromleitung oder ein Transformator sein.

Durch Verwendung von verdrehten Messleitungen kann die induktive Einstreuung im Bereich eines Magnetfeldes sehr stark vermindert werden. Leitungen sollen nicht lose herumhängen und sich während der Messung nicht bewegen, da es auch hierdurch zu Fehlspannungen kommen kann.

Eine weitere Maßnahme zur Verminderung der Störungen ist die Vergrößerung des Abstandes zum Störfeld oder eine mögliche Abschirmung.

## 5 Widerstandsmessung

Die Widerstandsmessung beim Multimeter HM8112-3 wird als spannungsrichtige Schaltung mit der Gleichstrom-Methode in 2- oder 4-Draht-Anordnung durchgeführt. Es fließt ein eingepprägter Strom durch den Prüfling R und der Spannungsabfall an R wird gemessen.

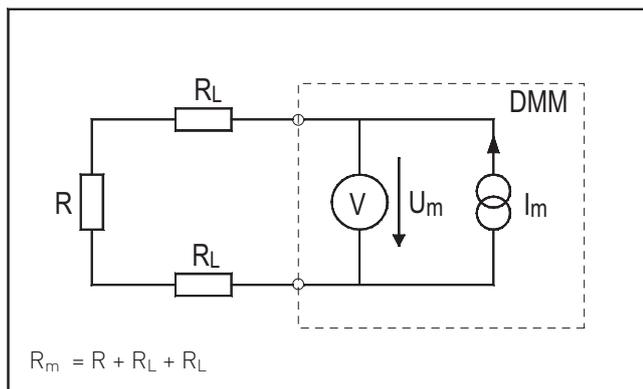
### 5.1 Zweidraht-Widerstandsmessung

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 und der Thermospannungen mit Hilfe der Offsetkorrektureinrichtung durchgeführt wird.

Hierzu werden die beiden Messkabel mit ihren Prüfklemmen auf einer Seite des Prüflings angeschlossen, was einem Kurzschluss entspricht, und eine Offsetkorrektur durch die Taste ZERO [4] ausgelöst.

Die Fehlerquellen, wie Zuleitungswiderstand, Übergangswiderstand und Thermospannungen an den Übergängen verschiedener Metalle werden somit eliminiert.

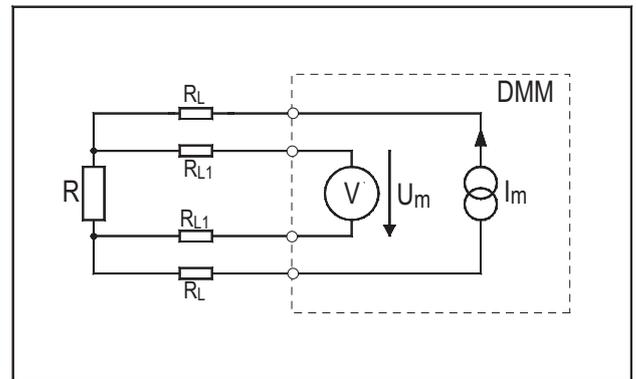
Wird eine Offsetkorrektur nicht durchgeführt, erhält man einen Messwert für  $R_m$ , der sich aus der Summe aller im Messpfad befindlichen Widerstände zusammensetzt und um den Zuleitungswiderstand zu hoch ist.



Die in der Praxis oft verwendeten Kabel mit 1m Länge besitzen einen Widerstand von ca. 10–20 mΩ. Bei einem zu messenden Widerstand von 100 Ω ergibt dies bereits einen Fehler von 0.04%. Bei niedrigen Widerstandswerten, insbesondere im 100-Ω-Bereich, macht sich der Zuleitungswiderstand also recht stark bemerkbar. Für diese Bereiche ist daher eine Vierdraht-Messung zu empfehlen

### 5.2 Vierdraht-Widerstandsmessung

Damit die durch Zuleitungswiderstände vorhandenen Messprobleme nicht auftreten, verwendet man für die Messung kleiner Widerstände die Vierdraht-Anordnung. Bei der 4-Draht-Widerstandsmessung fließt auch ein eingepprägter Strom durch den 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 [26]. Die „inneren“ Messleitungen mit den Zuleitungswiderständen  $R_{L1}$  sind mit dem V-SENSE-EINGANG des Messgerätes verbunden, der eine hochohmige Eingangsstufe besitzt, so dass es zu einem vernachlässigbaren Spannungsabfall an  $R_{L1}$  kommt.

**Sowohl in der 2-Draht- als auch in der 4-Draht-Widerstands-Messung sollten bei großen Widerständen (ab 100 kΩ) abgeschirmte Messleitungen verwendet werden, wobei die Abschirmung mit Erde verbunden sein muss, um störende Einstreuungen durch Fremdspannungen (Netzbrummen) zu verhindern.**

**Auch sollten die Kabel einen sehr hohen Isolationswiderstand besitzen (z.B. Teflonisolierung), da sonst mit Leckstromproblemen zu rechnen ist, die aus der Parallelschaltung von R und dem Kabel-isolationswiderstand herrühren.**

**Weiterhin von Vorteil ist auch eine Integrationszeit von größer 1 sec, da hier die störenden Einstreuungen durch die längere Integration des Messsignals unterdrückt werden.**

### 5.3 Verlustleistung der Widerstände

Eine bei der Messung von Widerstandssensoren (z.B. Temperatur-Sensoren) immer wieder übersehene Fehlerquelle ist die Verlustleistung in den zu messenden Widerständen und die damit verbundene Eigenerwärmung.

Dadurch kann vor allem bei Sensoren mit hohem Temperaturkoeffizienten das Messergebnis stark verfälscht werden. Eine Reduzierung dieser Störgröße erreicht man durch entsprechen-

de Bereichsvorwahl. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zur Verlustleistung bei Vollaussteuerung in den jeweiligen Widerstandsbereichen.

Bereich	Messstrom	Verlustleistung bei max.Anzeige
100 Ω	1 mA	100 μW
1 kΩ	1 mA	1 mW
10 kΩ	100 μA	100 μW
100 kΩ	10 μA	10 μW
1 MΩ	1 μA	1 μW
10 MΩ	100 nA	100 nW

## 6 Wechselspannungsmessung

Das Multimeter HM8112-3 misst eine Wechselspannung als Echteffektivwert mit oder ohne Gleichanteil. Eine für Wechselspannungsmessungen zu empfehlende Messanordnung besteht aus einem Zwei-Leiter-Kabel mit Abschirmung. Die Abschirmung sollte mit Erde verbunden sein. Etwas weniger Abschirmung erreicht man bei Verwendung eines einfachen Koaxialkabels.

Im 100 V und 600-V-Bereich ist bei höheren Frequenzen (100 V-Bereich über 100 kHz, 600-V-Bereich über 10 kHz) zu beachten, dass die angelegte Wechselspannung nicht das Spannungs-Frequenz-Produkt (Volt-Hertz-Produkt) 10.000.000 VHz übersteigt.

**Das Spannungs-Frequenz-Produkt gibt an wie groß die maximale Frequenz einer angelegten Wechselspannung sein darf. Die Wechselspannung wird als Effektivwert angegeben. Für die Bezeichnung Spannungs-Frequenz-Produkt werden oftmals auch die Namen Effektivwertprodukt oder Volt-Hertz-Produkt verwendet. Das Spannungs-Frequenz-Produkt wird bestimmt durch die Eingangsimpedanz des Messgerätes und die Anstiegsgeschwindigkeit (slew rate) des Eingangsverstärkers. Wird die slew rate des Eingangsverstärkers überschritten, wird das Ausgangssignal des Verstärkers verzerrt und das Messergebnis ist verfälscht. Die zum Eingangswiderstand parallel liegende Eingangskapazität bildet einen Tiefpass und belastet bei höheren Frequenzen das Eingangssignal, was ebenfalls das Messergebnis beeinflusst.**



### 6.1 Wechselspannungsmessung Grundlagen

Verwendete Abkürzungen und Zeichen

$U_{(t)}$	Spannung Momentanwert
$U_{(t)}^2$	Spannung quadratischer Mittelwert
$\bar{U}$	Spannung Gleichrichtwert
$U_{\text{eff}}$	Spannung Effektivwert
$\hat{u}$	Spannung Spitzenwert
$I_{\text{eff}}$	Strom Effektivwert
$\hat{i}$	Strom Spitzenwert

### 6.2 Arithmetischer Mittelwert

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

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.

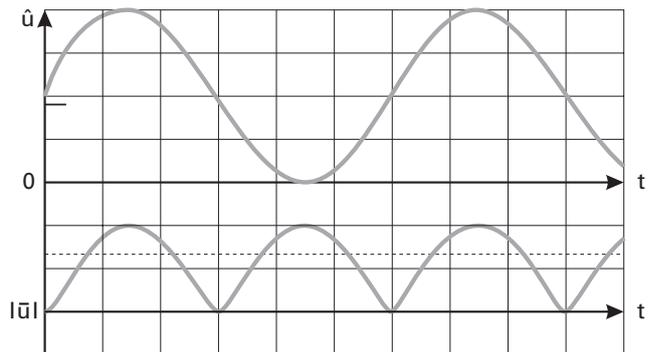
Für Gleichgrößen ist der Mittelwert = Augenblickswert.

Für Mischsignale entspricht der Mittelwert dem Gleichanteil

### 6.3 Gleichrichtwert

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

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 (0,637fache) des Scheitelwertes.

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

### 6.4 Effektivwert

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

$$\bar{x}_{(t)}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T x_{(t)}^2 \cdot dt$$

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

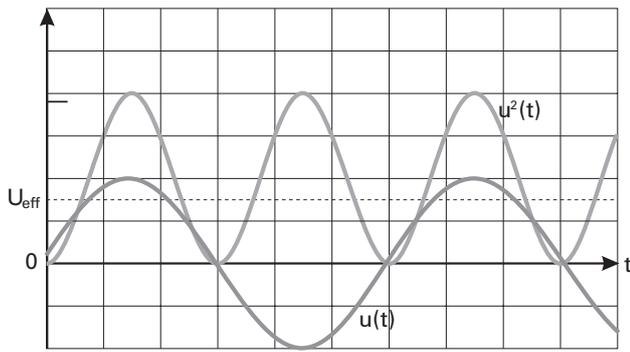
$$x_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x_{(t)}^2 \cdot dt}$$

Bei Wechselspannungssignalen möchte man, wie bei Gleichspannungssignalen, die selben Formeln zur Berechnung von Widerstand, Leistung, etc verwenden. Wegen der wechselnden Momentangrößen wird der Effektivwert (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  $230V_{\text{eff}}$ , nimmt die gleiche Leistung auf und leuchtet genauso hell, wie eine Glühlampe versorgt mit einer Gleichspannung von  $230V_{\text{DC}}$ . Bei einer sinusförmigen Wechselspannung  $u(t) = \hat{u} \sin \omega t$  ist der Effektivwert das  $1/\sqrt{2}$ -fache (0,707fache) des Scheitelwertes.

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



### 6.5 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:

$$F = \frac{U_{\text{eff}}}{\hat{U}} = \frac{\text{Effektivwert}}{\text{Gleichrichtwert}}$$

Bei reinen sinusförmigen Wechselgrößen beträgt der Formfaktor  $\frac{\sqrt{2}}{2} = 1,11$

### 6.6 Crestfaktor

Der Crestfaktor (auch Scheitelfaktor genannt) beschreibt um welchen Faktor die Amplitude (Spitzenwert) eines Signals größer ist als der Effektivwert. Er ist wichtig bei der Messung von impulsförmigen Größen.

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

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, da das Messgerät übersteuert wird.

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

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. 230 V im 500V-Bereich), darf der Crestfaktor größer sein. (siehe Abbildung Formfaktoren).

### 6.7 Gleich- und Wechselstrom

Die Strommessung im Multifunktionsmeter HM8112-3 wird mit Hilfe von genauen Shunt-Widerständen durchgeführt. Hierbei wird der durch den Strom verursachte Spannungsabfall über dem Shunt gemessen. Bedingt durch den Leitungswiderstand  $R_L$  und den Shunt-Widerstand  $R$  wird eine Bürdenspannung  $U_B$  (Bürdenspannung) erzeugt. Dies kann unter Umständen zu Fehlmessungen führen.

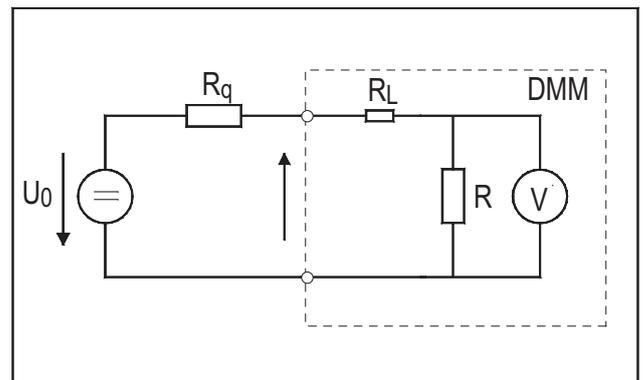


Abb.: Prinzip der Strommessung mit Shunt-Widerständen

- $U_0$  = Quellenspannung
- $U_B$  = Bürdenspannung
- $R_q$  = Quellenwiderstand
- $R$  = Shunt-Widerstand im Multimeter
- $R_L$  = Leitungswiderstand

Der Fehler in % für eine Messung ergibt sich dann wie folgt:

$$\text{Fehler (\%)} = \frac{100 \times U_B}{U_0}$$

## 7 Temperaturmessung

Im internationalen Einheitensystem (SI) wurde als Basiseinheit für die Temperaturmessung das Kelvin (K) vereinbart. Grad Celsius (°C) ist eine gesetzliche, von den SI-Einheiten abgeleitete Einheit und international gebräuchlich. Im angloamerikanischen Raum werden Temperaturen auch in Grad Fahrenheit (°F) angegeben.

Absolute Temperaturangaben erfolgen meist in Grad Celsius (°C). Relative Temperaturangaben oder Temperaturdifferenzen werden in Kelvin (K) angegeben.

Kelvin (K)	Celsius (°C)	Fahrenheit (°F)
0 K	-273,15 °C	459,67 °F
255,38 K	-17,77 °C	0 °F
273,15 K	0 °C	32 °F
373,15 K	100 °C	212 °F

**Umrechnung**

- °C in K:  $T_{[K]} = T_{[°C]} + 273,15 \text{ K}$
- °K in °C:  $T_{[°C]} = T_{[K]} - 273,15 \text{ K}$
- °C in °F:  $T_{[°F]} = 9/5 \times T_{[°C]} + 32 \text{ °F}$
- °F in °C:  $T_{[°C]} = 5/9 \times (T_{[°F]} - 32 \text{ °F})$

**Verwendete Abkürzungen und Zeichen:**

- $T_{[K]}$  Temperatur in Kelvin [K]
- $T_{[°C]}$  Temperatur in Grad Celsius [°C]
- $T_{[°F]}$  Temperatur in Grad Fahrenheit [°F]

**7.1 Temperaturmessfühler**

Die meist gebräuchlichen Temperaturfühler sind das NiCr-Ni Thermoelement (K-Type) und der Platin-Temperaturfühler PT100. Die Kennlinien der Temperaturfühler werden in den Normen nur über einen bestimmten Bereich definiert. Außerhalb dieser Bereiche sind keine verlässlichen Werte vorhanden. Wird der Messbereich der Temperaturfühler überschritten, zeigt deshalb das HM8112-3 „Overrange“ an.

**7.2 Platin-Temperaturfühler PT100**

Der Platin-Temperaturfühler PT100 ist ein Widerstandssensor. Aufgrund seiner zeitlichen Konstanz des Widerstandswertes und der guten Beständigkeit gegen aggressive Medien eignet sich Platin gut als Widerstandsmaterial für Temperaturfühler. Eine Änderung der Temperatur bewirkt am Temperaturfühler eine Änderung des Widerstandes. Der Nominalwiderstand  $R_0$  beträgt:

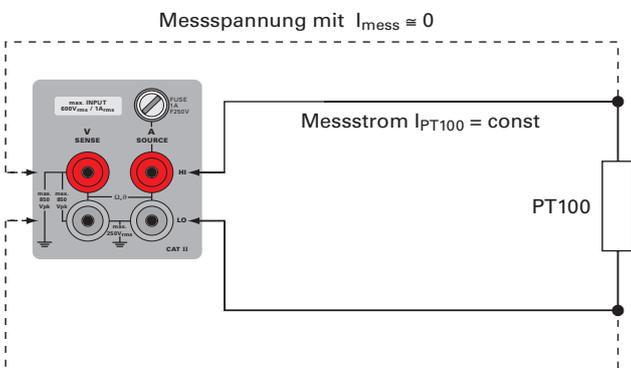
$R_0 = 100 \Omega$  bei  $T_0 = 0 \text{ °C}$

Der Temperaturbereich zum Einsatz des PT100 erstreckt sich von  $-200 \text{ °C}$  bis  $+850 \text{ °C}$ .



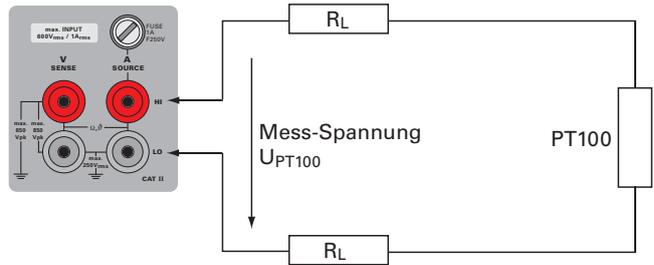
**Weitere PT Widerstandsfühler gibt es mit der Bezeichnung PT10, PT25, PT500, PT1000. Die Nominalwiderstände betragen hier bei  $T_0 = 0 \text{ °C}$  entsprechend  $10 \Omega$ ,  $25 \Omega$ ,  $500 \Omega$  und  $1000 \Omega$ . Die Typen PT10, PT25, PT500 kommen beim HM8112-3 nicht zum Einsatz.**

**7.3 Temperaturmessung mit PT100 / PT1000**



Die gebräuchlichste und genauere Art der Temperaturmessung ist eine 4-Draht-Widerstandsmessung. Ein konstanter Strom fließt von SOURCE des Messgerätes zum PT100. Die Widerstandsänderung des PT100 ist abhängig von der Temperaturänderung am PT100. Eine Temperaturänderung ruft aber auch in den Messleitungen eine Änderung des Leitungswiderstandes  $R_L$  hervor. Weil SENSE die Messspannung

direkt am PT100 abgreift und der Eingangsverstärker des Messeingangs sehr hochohmig ist, fließt ein vernachlässigbarer kleiner Strom in den SENSE-Messleitungen ( $I_{mess} \approx 0$ ). Somit geht der Spannungsabfall über den SENSE-Messleitungen, hervorgerufen durch den Strom in den SENSE-Leitungen, nicht (bzw. vernachlässigbar) in die Messung mit ein. Auch hat eine Widerstandsänderung von  $R_L$  in den SENSE-Messleitungen einen nur unmerklichen Einfluss. Durch den Abgriff der Messspannung nach den SOURCE-Zuleitungen wird nur die Widerstandsänderung des PT100 erfasst. Die Widerstandsänderung von  $R_L$  der SOURCE-Zuleitungen aufgrund der Temperaturänderung hat ebenfalls keinen Einfluss auf die Messung.

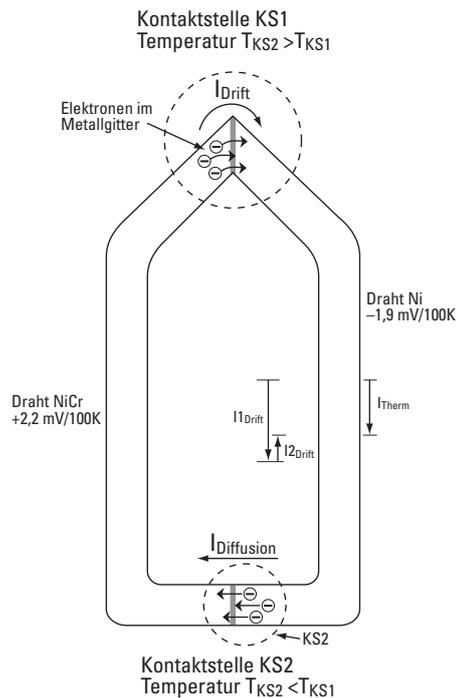


Bei nicht so hohen Ansprüchen an die Genauigkeit kann auch eine 2-Draht-Widerstandsmessung ausreichen. Da sich die Messstelle mit dem PT100 und das Messgerät meist auf unterschiedlichem Temperaturniveau befinden, erfolgt durch eine Temperaturänderung an den Messleitungen zum PT100 auch eine Änderung des Leitungswiderstandes  $R_L$ . Diese Temperaturabhängigkeit der Zuleitungswiderstände, Thermospannungen und der Spannungsabfall über den Zuleitungswiderständen gehen mit in die Messung des PT100 ein.

**7.4 NiCr-Ni Thermoelement (K-Typ)**

Der Einsatzbereich eines NiCr-Ni Thermo-Element K-Typ liegt im Bereich von ca.  $-270 \text{ °C}$  bis  $+1300 \text{ °C}$ .

Das Thermoelement liefert, wie der Name Element schon andeutet, eine Spannung. Diese temperaturabhängige Spannung entsteht an der Kontaktstelle von zwei verschiedenen Metal-



len. Sie wird Kontaktspannung oder auch Thermospannung genannt. Durch die immer vorhandene Wärmebewegung der Elektronen im Metallgitter können einige Elektronen an der Metalloberfläche das Gitter verlassen. Dazu wird Energie benötigt, um die Austrittsarbeit zu verrichten und die Bindungskräfte im Metallgitter zu überwinden. Berühren sich nun zwei Metalle, deren Bindungskräfte unterschiedlich sind so treten aus dem Metall mit den kleineren Bindungskräfte Elektronen aus und fließen zum Metall mit den größeren Bindungskräfte. Schaltet man nun zwei solche Kontaktstellen zusammen, und besitzen die beiden Enden des Thermoelementes ein unterschiedliches Temperaturniveau, fließt ein Strom.

**Temperaturmessung mit dem NiCr-Ni Thermoelement**

- Der NiCr-Draht und der Ni-Draht sind an beiden Enden miteinander verbunden.
- Die Kontaktstelle 1 (KS1) besitzt in unserem Fall eine höhere Temperatur als Kontaktstelle 2 (KS2).
- Wegen der Temperaturbewegung an KS1 lösen sich Elektronen im NiCr-Draht aus dem Metallgitter.
- Die Elektronen fließen zum Ni-Draht und bilden den Driftstrom  $I_{Drift}$ .
- Der Driftstrom  $I_{Drift}$  fließt über KS2 und bildet dort den Diffusionsstrom  $I_{Diffusion}$ .
- An KS2 bildet sich aufgrund der Temperaturbewegung ebenfalls ein Driftstrom  $I_{2Drift}$ .
- $I_{2Drift}$  wirkt dem Driftstrom an KS1 entgegen.
- $I_{2Drift}$  ruft auch an KS1 einen Diffusionsstrom hervor.
- Der Gesamtstrom  $I_{Therm}$  ergibt sich aus der vorzeichenrichtigen Addition der einzelnen Ströme.  
 $I_{Therm} = I_{1Drift} + I_{2Drift}$
- Wird die Temperatur an KS1 kleiner als an KS2 kehrt sich die Stromrichtung von  $I_{Therm}$  um.
- Ist die Temperatur an KS1 und KS2 identisch, heben sich die beiden Ströme  $I_{1Drift}$  und  $I_{2Drift}$  auf.

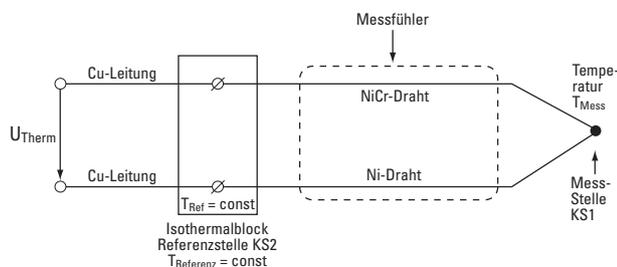


**Um verschiedene Metalle und deren thermoelektrischen Eigenschaften zueinander zu beschreiben, wurde die Temperaturabhängigkeit der Metalle zu Platin ermittelt. Es ergibt sich die thermoelektrische Spannungsreihe in [mV/100 K] bezogen auf Platin.**

**Thermoelektrische Spannungsreihe**

Bezugstemperatur ist 0 °C,  
Messstemperatur 100 °C, in [mV/100 K]

Platin (Pt)	Nickel (Ni)	Kupfer (Cu)	Eisen (Fe)	Chrom-Nickel (CrNi)
0,0	-1,2 ... -1,94	+0,75	+1,88	+2,2



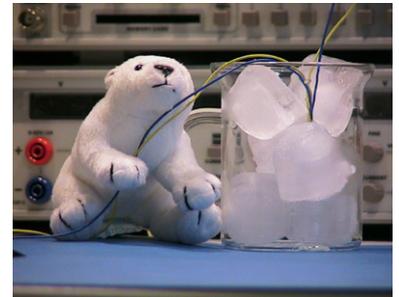
Wird die eine Kontaktstelle (KS2) als Referenz auf einem bekannten Temperaturniveau gehalten, kann die andere Kontaktstelle (KS1) zur Temperaturmessung benutzt werden. Die Thermospannung ist proportional zur Temperaturdifferenz an den Kontaktstellen KS1 und KS2.

$I_{Therm}$  ist proportional zu  $\Delta T = T_{KS1} - T_{KS2}$   
(Seebeck-Effekt)

Die Cu-Zuleitungen beeinflussen die Messung nicht, sofern diese sich auf dem selben Temperaturniveau befinden wie die Referenzstelle. Die Referenzstelle (KS2), auch Isothermalblock genannt, wird mit einem weiteren Temperatursensor und einer entsprechenden Regelschaltung auf einem konstanten Temperaturniveau gehalten.

**7.5 Referenzstelle**

Für die Temperaturmessung mit einem Thermoelement ist es notwendig, außer der Mess-Stelle auch eine Vergleichsstelle zu definieren. Die Temperaturdifferenz zwischen der Mess-Stelle und dieser Referenzstelle erzeugt eine zur Temperaturdifferenz proportionale Thermospannung. Eine einfache Möglichkeit diese Referenzstelle zu erzeugen ist das „Eisbad“. Dies ist ein Wasserbad mit Eisstücken. Es hält, mit einer Unsicherheit von 1 mK, relativ genau die Temperatur von 0 °C. Dieses thermodynamische System „Eisbad“ regelt sich so lange selbst, bis alle Eistücke geschmolzen sind oder alles Wasser gefroren ist.



In der Praxis ist dieses Verfahren etwas umständlich. Wer möchte schon eine Schüssel Wasser und einen Eisblock mit sich herumschleppen. Und dies alles nur um schnell mal in der Produktion die Temperatur eines Ofens zu kontrollieren. Um dem Anwender den benötigten Handwagen zum Transport der Utensilien und die Kühltruhe für die Erzeugung der Referenzstelle zu ersparen, besitzen die meisten Messgeräte eine interne Referenzstelle oder die Möglichkeit zur Angabe der Referenztemperatur. Das HM8112-3 erlaubt durch Messung mit einem PT-Fühler die genaue Bestimmung der Referenztemperatur und somit das genaue Messen mit Thermoelementen. Thermoelemente sind im Vergleich zu PT-Fühlern günstig und werden oft über Messstellenumschalter in größerer Anzahl am Messgerät angeschlossen. So braucht es nur noch die Messfühler und das passende Messgerät, sprich HM8112-3.

## 8 Gerätekonzept des HM8112-3

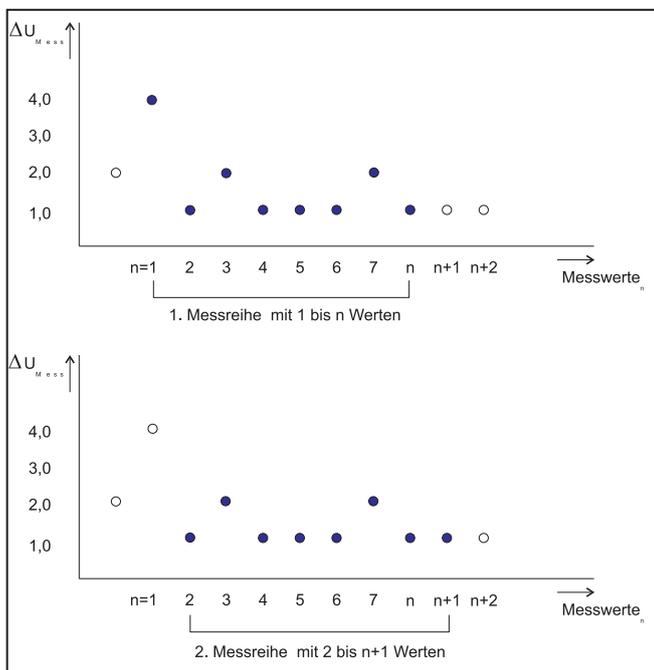
### 8.1 Referenz

Der integrierende AD-Wandler muss mit einer Referenz beschaltet werden. Die Eigenschaften dieser Referenz bestimmen letztendlich die Langzeitstabilität des Gerätes. Beim HM8112-3 dient als Referenz ein hochgenauer Referenzbaustein.

### 8.2 Integrierende AD-Wandler

Als integrierende AD-Wandler wird ein Wandler nach dem Multi-Slope-Verfahren benutzt.

### 8.3 Gleitender Mittelwert



Der vom AD-Wandler ermittelte Messwert kann direkt angezeigt werden. Es kann jedoch aus  $n$ -Messwerten auch zuerst der Mittelwert gebildet werden, welcher dann angezeigt wird. Zuerst werden 1 bis  $n$  Werte erfasst. Aus diesen  $n$  Werten wird der Mittelwert gebildet und anschließend angezeigt. Im folgenden Schritt wird der nächste Messwert  $n+1$  vom AD-Wandler ermittelt. Von den zuvor ermittelten  $n$  Werten wird der erste gemessene Wert 1 verworfen. Aus den restlichen 2 bis  $n$  Werten und dem neuen Wert  $n+1$  wird ein neuer Mittelwert gebildet. Dies hat den Vorteil, dass Spitzen oder Störungen geglättet werden.

### 8.4 Messung der Wechselgrößen

#### Frequenz, Periodendauer

Frequenz und Periodendauer werden prinzipiell anhand einer Impulzzähl-Schaltung gemessen. Als Basiszeit dient eine Sekunde. Die erste auftretende negative Flanke triggert die Messung und startet den Zähler. Eine Sekunde lang löst jede negative Flanke einen Zählimpuls aus. Nach Ablauf der ersten Sekunde wartet die Messschaltung auf den nächsten Nulldurchgang des Signals. Ab jetzt wird die Periodendauer des Signals

bestimmt. Es wird gemessen, wie lange es bis zum folgenden Nulldurchgang dauert. Aus dieser kombinierten Messung wird dann die Frequenz des Signals bestimmt und die Periodendauer berechnet. Die kombinierte Messung von der Anzahl der Nulldurchgänge und Zeit einer Periode des Signals ermöglicht das Messen von sehr kleinen und auch großen Frequenzen innerhalb einer vernünftigen Zeit. Bei Anlegen einer Gleichspannung wird die Frequenz zu 0 Hz bestimmt.

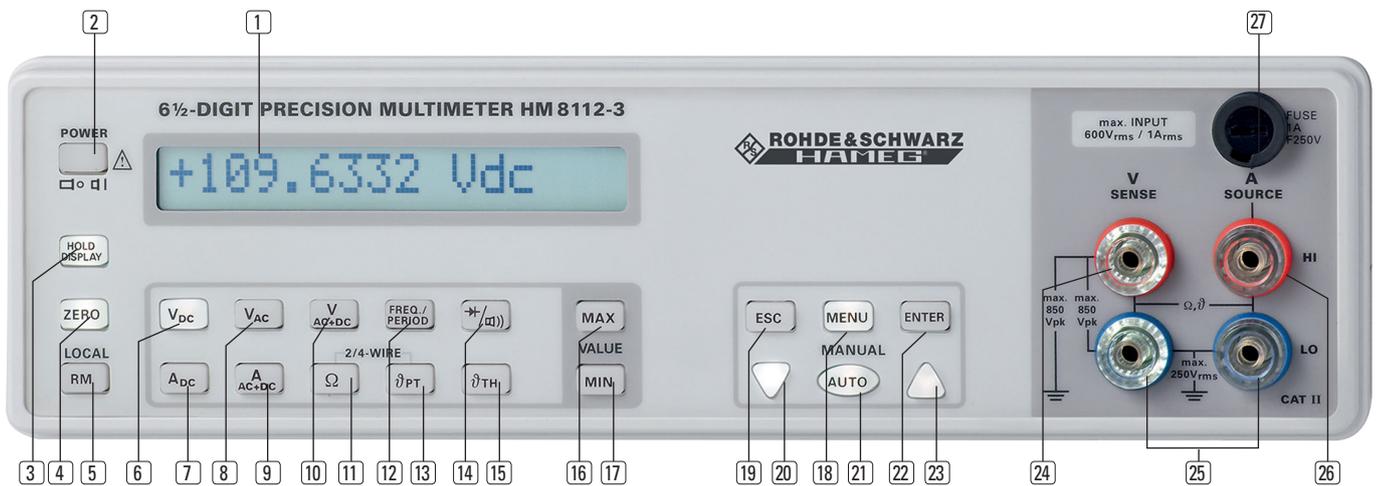
Da die Periodendauer aber berechnet wird, erfolgt eine Division durch 0. Deswegen zeigt das Gerät bei der Periodendauer-messung einer Gleichspannung „INF“ im Display. (INF = Infinity = Unendlich).

#### Effektivwertgleichrichter

Die Wechselspannungsmessung wird durch einen hochgenauen Effektivwertgleichrichterbaustein realisiert. Dieser Baustein bestimmt aus der anliegenden Wechselspannung eine proportionale Gleichspannung, die dem Echt-Effektivwert der Wechselspannung entspricht.

#### Crestfaktormessung

Bei Überschreiten des Crestfaktors von 7 lässt sich durch den Echteffektivwertgleichrichter die Wechselspannung oder Wechselstrom nicht mehr korrekt bestimmen.



## 9 Einführung in die Bedienung des HM8112

### 9.1 Inbetriebnahme

Beachten Sie bitte besonders bei der ersten Inbetriebnahme des Gerätes folgende Punkte:

- Die verfügbare Netzspannung muss mit dem auf der Geräterückseite (Netzspannungswahlschalter) angegebenen Wert übereinstimmen.
- Vorschriftsmäßiger Anschluss an Schutzkontaktsteckdose oder Schutz-Trenntransformatoren der Schutzklasse 2
- Keine sichtbaren Beschädigungen am Gerät
- Keine Beschädigungen an der Anschlussleitung
- Keine losen Teile im Gerät

### 9.2 Werkseinstellung

Das Gerät besitzt folgende Voreinstellung:

- |                                |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| - Messbereich                  | 10V <sub>DC</sub> |
| - Die Integrationszeit beträgt | 100ms             |
| - Filterfunktion               | ausgeschaltet     |
| - Temperatur in                | °C                |
| - Messsensor                   | PT100             |
| - Datenlogger                  | ausgeschaltet     |
| - RS-232 Schnittstelle         | ausgeschaltet     |

## 10 Bedienelemente und Anzeigen

### 10.1 Allgemeine

#### 1 Display

16-stelliges Display zur Anzeige der Messwerte, Auswahl des Menüs und der Menüpunkte.

#### 2 POWER

Taster für Standby-Funktion. Das Bedienteil und die Anzeige werden ausgeschaltet. Das eigentliche Messgerät bleibt, solange es mit dem Stromversorgungsnetz verbunden ist, eingeschaltet. Dies hat den Vorteil, dass das Gerät nach dem Einschalten aus der Standby-Funktion sofort betriebsbereit ist. Auch die Referenz wird geschont, da das Ein/Ausschalten entfällt. Soll das Gerät komplett ausgeschaltet werden, muss der Netzschalter 28 auf der Rückseite des Gerätes betätigt werden.

#### 3 HOLD DISPLAY

Die Messwertanzeige im Display wird „eingefroren“. Durch Betätigen einer der Tasten zur Auswahl der Messfunktionen 6 bis 15 oder MENU 18 wird die HOLD-Funktion verlassen.

#### 4 ZERO

Nullabgleich bei Gleichspannungsmessung, Gleichstrommessung, 4-Draht-Widerstandsmessung und 2-Draht-Widerstandsmessung. In den Wechselspannungs- und Wechselstrombereichen gibt es keine ZERO-Funktion. Die beiden Messleitungen werden kurzgeschlossen und dann die ZERO-Taste 4 betätigt. Es wird eine Offsetkorrektur der gesamten Messstrecke durch die Taste ZERO 4 ausgelöst. Der Zuleitungswiderstand der Messleitung, Übergangswiderstände und Thermospannungen an den Übergängen verschiedener Metalle werden durch diese Offsetkorrektur „bewusst“ eliminiert.

Die Kompensationswerte bleiben auch nach Ausschalten des HM8112-3 erhalten und müssen bei Bedarf neu ermittelt werden!



Ein Betätigen der ZERO-Taste 4 in den Messbereichen  $\delta$ PT für PT-Messfühler oder  $\delta$ TH für Thermoelemente funktioniert nicht!

## Kompensation mit ZERO bei der Temperaturmessung:

1. Abhängig vom Temperaturfühler in folgenden Messbereich wechseln.

PT100	Ω 2-WIRE / Ω 4-WIRE	1 kΩ-Bereich
PT1000	Ω 2-WIRE / Ω 4-WIRE	10 kΩ-Bereich
Thermoelement $V_{DC}$		100 mV <sub>DC</sub> -Bereich

Die Auswahl von 4-Draht-Widerstandsmessung (Ω 4-WIRE) oder 2-Draht-Widerstandsmessung (Ω 2-WIRE) hängt vom verwendeten PT-Temperaturfühler ab.

2. Messtrecke bis zum Temperaturfühler kurzschließen
3. ZERO-Taste **4** zur Kompensation der Einflüsse auf die Messstrecke betätigen
4. Nach der Kompensation mit der ZERO-Taste **4** in die entsprechende Temperaturmessfunktion wechseln.

 Es gibt Messgeräte, welche über eine „automatische Zero-Funktion“ verfügen. Diese Funktion unterbricht in regelmäßigen Abständen die Messung und schließt einen Teil der Messstrecke kurz. Dann wird ein teilweiser Nullabgleich der Messstrecke bis zu den Messbuchsen des Gerätes durchgeführt. Im HM8112-3 wurde darauf verzichtet, da der Nullabgleich der gesamten Messstrecke ein sehr wichtiger Vorgang beim Messen ist. Diese Prozedur muss vom Anwender bewusst und überlegt durchgeführt werden.

### 5 LOCAL

Durch Senden eines Befehles an die Schnittstelle des HM8112-3 geht das Gerät in den Remote-Betrieb. Mit LOCAL wird die Fernbedienung des HM8112-3 über das Interface ausgeschaltet. Das Gerät ist wieder in den manuellen Betrieb zurückgesetzt und an der Frontplatte bedienbar.

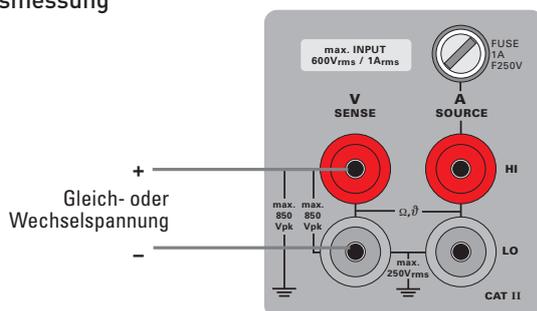
## 10.2 Tasten für die verschiedenen Messfunktionen

Bei Änderungen der Messfunktion bleibt das HM8112-3 auf die vorher eingestellte Messzeit eingestellt. Wird jedoch eine größere Messzeit als 1 sec eingestellt, schaltet das Gerät bei Wechsel der Messfunktion die Messzeit im neu gewählten Bereich automatisch auf 1 sec zurück.

Es sind immer die Tasten beleuchtet, mit welchen weitere Funktionen verbunden sind. Selbstverständlich kann mit den nicht beleuchteten Tasten eine andere Messfunktion aufgerufen werden. Die Anschlussbuchsen sind ebenfalls beleuchtet und zeigen die für die entsprechend gewählte Messfunktion zu benutzenden Anschlussbuchsen an.

### Spannungsmessung

#### 6 $V_{DC}$



Gleichspannungsmessung bis 600 V Es gibt keine Autorange-Funktion für die Messbereiche 100 mV und 1 V.

#### 8 $V_{AC}$

Wechselspannungsmessung bis 600 V als True RMS ohne Gleichanteil.

Es wird mit einem Kondensator an den Messkreis angekoppelt. Es ist kein 100 mV-Bereich vorhanden. Der Innenwiderstand des Messgerätes beträgt  $R_i = 10 M\Omega$

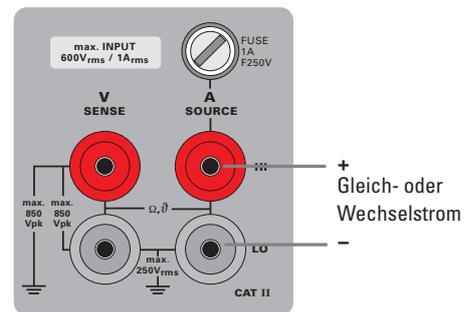
#### 10 $V_{AC+DC}$

Wechselspannungsmessung bis 600 V als True RMS mit Gleichanteil. Es wird direkt an den Messkreis angekoppelt und derselbe hochgenaue Eingangsteiler wie in  $V_{DC}$  verwendet. Der Innenwiderstand des Messgerätes beträgt im 100 mV-Bereich 1 GΩ, ansonsten 10 MΩ.

### Strommessung

#### 7 $A_{DC}$

Gleichstrommessung. Autorangefunktion über den vollen Messbereich von 1 A.



#### 9 $A_{AC+DC}$

Wechselstrommessung als True RMS mit Gleichanteil. Autorangefunktion über den vollen Messbereich von 1 A.

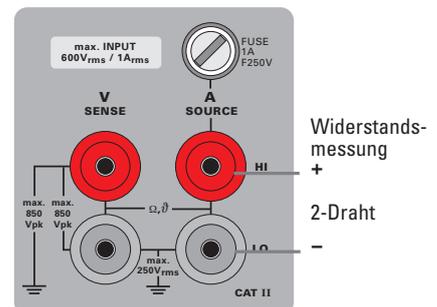
### Widerstandsmessung

Durch wiederholtes Betätigen der Ω-Taste **11** wird zwischen der 2-Draht-Widerstandsmessung und der 4-Draht-Widerstandsmessung umgeschaltet. Im Display wird dies durch „2w“ für 2-Drahtmessung und mit „4w“ für die 4-Drahtmessung angezeigt. Zusätzlich leuchten die zu benutzenden Anschlussbuchsen. Um genaue Messungen durchzuführen, ist es notwendig, speziell bei der 2-Drahtmessung, eine Kompensation der Messstrecke mit ZERO **4** durchzuführen.

#### 11 Ω 2-WIRE

#### 2-Draht-Widerstandsmessung

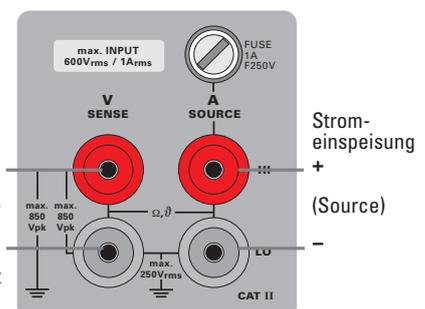
Als Default sind bei der 2-Drahtmessung 100 mΩ als Leitungskompensation eingestellt. Dieser Wert kann über die Geräteschnittstelle geändert werden.



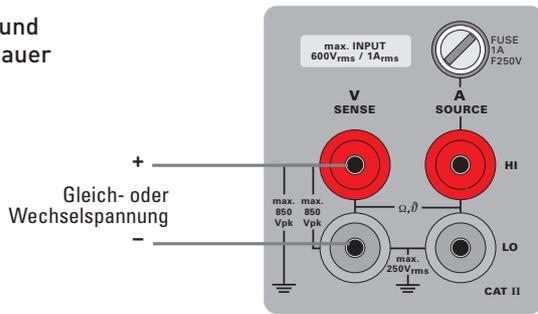
#### 11 Ω 4-WIRE

#### 4-Draht-Widerstandsmessung

Spannungsmessung (Sense) Widerstandsmessung 4-Draht



**Frequenz und Periodendauer**



**12 FREQ./PERIOD**

Durch wiederholtes Betätigen der Taste wird zwischen Frequenzmessung und Periodendaueranzeige umgeschaltet. Bei einer Frequenz von 0 Hz zeigt das Gerät bei der Periodendauermessung einer Gleichspannung „INF“ im Display. (INF = Infinity = Unendlich) Da die Periodendauer aus der Frequenz berechnet wird, erfolgt eine Division durch 0.

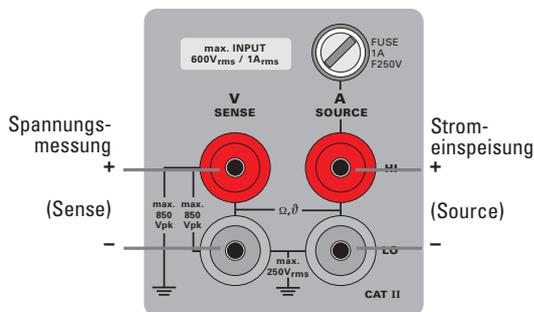
In der FREQ./PERIOD-Funktion gibt es kein Autorange. Das heißt, der bei der Wechselspannungsmessung eingestellte Messbereich wird verwendet. Es ist notwendig, zuerst in VAC die Wechselspannung zu messen und erst anschließend die FREQ./PERIOD-Funktion aufzurufen.

**Temperaturmessung**

Durch wiederholtes Betätigen der  $\delta$ PT-Taste **13** wird zwischen der 2-Draht-Messung und der 4-Draht-Messung umgeschaltet. Im Display wird dies durch „2w“ für 2-Drahtmessung und mit „4w“ für die 4-Drahtmessung angezeigt. Zusätzlich leuchten die zu benutzenden Anschlussbuchsen. Als Default sind bei der 2-Drahtmessung 100 m $\Omega$  als Leitungskompensation eingestellt. Dieser Wert kann über die Geräteschnittstelle geändert werden.

Um genaue Messungen durchzuführen ist es notwendig, speziell bei der 2-Drahtmessung, eine Kompensation der Messstrecke mit ZERO **4** durchzuführen. Diese Kompensation erfolgt im Widerstandsmessbereich für PT-Fühler oder Spannungsmessbereich bei Thermoelementen. Jedoch nicht bei der Temperaturmessfunktion (siehe ZERO **4**).

**13  $\delta$ PT bei 4-Draht-Temperaturmessung**



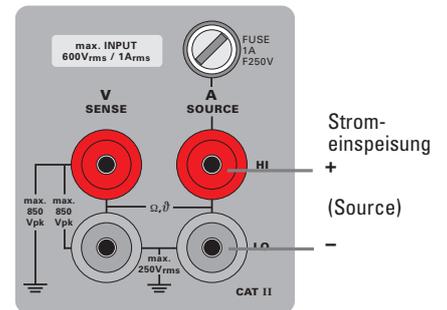
4-Draht-Temperaturmessung mit PT100

**Messverfahren:** 4-polige Widerstandsmessung mit Linearisierung nach EN 60751 für PT100, PT1000  
**Temperaturfühler:** PT100-, PT1000-Widerstandsmessfühler

<b>Anzeigebereich:</b>	Anzeigeumfang	Auflösung	
	Celsius	-200 °C bis + 800 °C	0,01 °C
	Fahrenheit	-328 °F bis +1472 °F	0,01 °F
<b>Messstrom:</b>	PT100	1 mA	
	PT1000	100 $\mu$ A	
<b>Messspannung im Leerlauf:</b>	ca. 2,5 V		
<b>Messzeit:</b>	100 ms bis 60 s		
<b>Messpause:</b>	nach Bereichs- oder Funktionswechsel		
	100 ms		
<b>Kalibrierung:</b>	mit Widerstandsnormal		
	PT100	1 k $\Omega$ -Bereich	
	PT1000	10 k $\Omega$ -Bereich	
<b>Linearisierung:</b>	nach DIN IEC 751		

**14  $\delta$ PT bei 2-Draht-Temperaturmessung**

2-Draht-Temperaturmessung mit Platintemperaturfühler PT100 oder PT1000 mit eingeschränkter Genauigkeit der Messung.



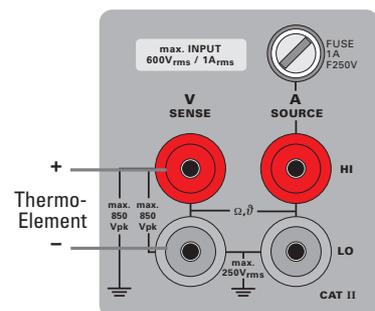
**Abgleich der Messstrecke mit PT- Messfühler**

PT-Messfühler besitzen einen Zuleitungswiderstand, der meist im Datenblatt angegeben ist. Oftmals ist das Datenblatt weg und der Fühler noch da. Im HM8112-3 ist als Default ein Wert von 100 m $\Omega$  gespeichert. Es gibt jedoch PT-Fühler mit einem eingebauten Vorwiderstand (z.B. 10  $\Omega$ ). Für eine optimal abgeglichene Mess-Strecke muss der genaue Zuleitungswiderstand bekannt sein. Dies gilt für die 4-Drahtmessung und noch mehr für die 2-Drahtmessung. Über die Geräteschnittstelle kann der ab Werk gespeicherte Default geändert werden. Es sind Werte von 0 m $\Omega$  bis 100  $\Omega$  möglich.

**Ermitteln des Zuleitungswiderstandes**

Der PT100 oder PT1000 Messfühler wird in ein Eisbad getaucht. Bei 0 °C besitzt der Fühler einen Widerstand von 100  $\Omega$  bzw. 1000  $\Omega$ . Nun wird durch eine Widerstandsmessung der Widerstand des Temperaturfühlers ermittelt. Die Differenz aus gemessenem Widerstand und dem Sollwert ergibt den Zuleitungswiderstand

**15  $\delta$ TH – Temperaturmessung mit Thermoelementen**

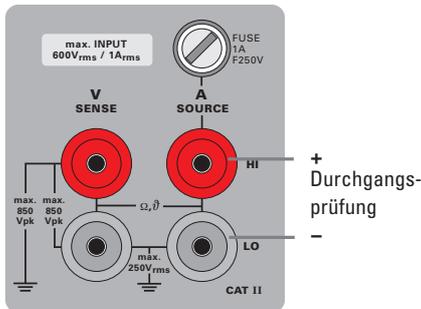


**Messverfahren:** Spannungsmessung im 100 mV-Bereich mit Linearisierung nach EN 60584.

<b>Anzeigebereich:</b>	Thermoelement	Bereich in °C
	Typ J (Fe-CuNi)	-210 bis +1200
	Typ K (NiCr-Ni)	-270 bis +1372
<b>Auflösung:</b>	0,1 °C / °F	
<b>Messzeit:</b>	100 ms bis 60 s	
<b>Messpause:</b>	100 ms (nach Funktionswechsel)	
<b>Anzeige:</b>	Messwert in °C oder °F	
<b>Linearisierung:</b>	nach EN 60584	

### 10.3 Durchgangsprüfung

#### 14 Durchgangsprüfung und Diodentest



#### Durchgangsprüfung:

Aktivierung des Lautsprechers von 0Ω (Durchgang) bis ca. 10 Ω.

Diodentest: Prüfspannung ca. 2,5 V  
 Prüfstrom const. 1 mA  
 Max. 1,2 V als Durchgangsspannung in der Anzeige, danach „Overflow V<sub>DC</sub>“



**Bei der Durchgangsprüfung muss der Prüfling spannungsfrei sein!**

### 10.4 Max / Min Werte

#### 16 MAX / 17 MIN

Der maximale Messwert oder der minimale Messwert einer Messreihe wird im Display angezeigt. Dies ist in jeder Messfunktion möglich. Somit können Min/Max-Werte in einem System überwacht werden. Es gibt keine zeitliche Begrenzung, d.h.: Ist diese Funktion ein Jahr lang eingeschaltet, wird der maximale bzw. minimale Messwert angezeigt, der in diesem Jahr auftrat. Zum Verlassen von MAX (16) und MIN (17) muss die Taste nochmals betätigt werden. Wird eine andere Messfunktion gewählt, wird die Funktion von MAX (16) oder MIN (17) ebenfalls verlassen.

### 10.5 Messbereichswahl

#### Manuelle Messbereichswahl

Mit  (20) und  (23) lassen sich die Messbereiche manuell auswählen.

 (20) Schaltet in den nächst niedrigeren Messbereich. Die Automatische Messbereichswahl wird deaktiviert.

 (23) Schaltet in den nächst höheren Messbereich. Die Automatische Messbereichswahl wird deaktiviert.

Ist bei manueller Bereichswahl der angelegte Messwert zu groß, erscheint die Meldung „Overflow“ in der Anzeige.

#### 21 AUTO

Die AUTO-Taste dient zur automatischen Messbereichswahl. Diese Funktion gibt es bei der Spannungsmessung, Strommessung und der Widerstandsmessung.

Die Umschaltung in einen höheren Messbereich erfolgt bei eingeschalteter Automatik mit Erreichen von 90% des jeweiligen Bereichsendwertes. In den niedrigeren Bereich wird geschaltet, wenn 10% des Bereichsendwertes unterschritten wird. Ist bei automatischer Bereichswahl der angelegte Messwert zu groß, erscheint die Meldung „Overflow“ in der Anzeige.

**Die Messbereichsautomatik AUTO ist mit Bedacht zu benutzen. Wird an einer hochohmigen Quelle gemessen und liegt die Messspannung in der Gegend (90%) vom Messbereichendwert 1V kann bei eingeschalteter AUTO-Funktion die Umschaltung in den nächst höheren Messbereich 10V erfolgen. Im 10 V-Bereich besitzt das HM8112-3 einen Eingangswiderstand von 10MΩ statt 1GΩ im 1 V-Bereich. Das Messgerät belastet die hochohmige Quelle von mehreren 100MΩ mit 10MΩ -Eingangswiderstand und verfälscht das Messergebnis entsprechend.**



### 10.6 Menüstruktur / Menüsteuerung

Befindet sich das Gerät in einer Messfunktion erfolgt mit Betätigen der Taste MENU (18) der Sprung in die Menüfunktion. Innerhalb des Menüs werden alle Tasten, welche betätigt werden können, beleuchtet. Das Menü kann immer mit ESC (19) ohne Übernahme von Werten verlassen werden.

**MENU** ruft das Gerätemenü des HM8112-3 auf.

Mit  (20) und  (23) gewünschtes Menü auswählen. Mit MENU (18) den Menüpunkt öffnen oder Sprung in die nächste Menüebene. Mit  (20) und  (23) angezeigte Parameter auswählen. Dann mit MENU (18) den Parameter übernehmen. Das Menü wird verlassen, das Gerät ist in der vorherigen Messfunktion

#### 19 ESC

Die Menüfunktion wird verlassen. Zur vorherigen Messfunktion ohne Übernahme der Eingabe zurückkehren.

 (20) Die Menüsteuerung ist rund laufend. Jeder Tastendruck veranlasst einen Menüpunkt nach unten, bis zum untersten Menüpunkt. Danach wird mit dem obersten Menüpunkt wieder begonnen.

 (23) Die Menüsteuerung ist rund laufend. Jeder Tastendruck veranlasst einen Menüpunkt nach oben, bis zum obersten Menüpunkt. Danach wird mit dem untersten Menüpunkt wieder begonnen.

#### 22 ENTER

Diese Taste wird nur im Loggermenü „6:Logger“ benötigt. Die Abfrage von Werten wird dort mit ENTER weitergeschaltet bzw. die Eingabe übernommen.



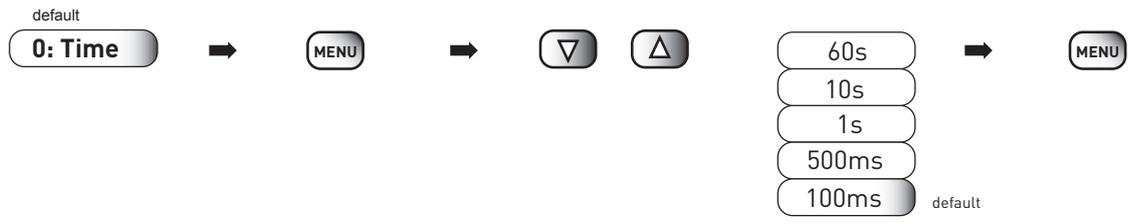
**Ist der Messstellenumschalter (H0112) aktiv können durch Druck auf der ENTER-Taste die einzelnen Messstellen ausgewählt werden.**

**Übersicht Menü-Struktur Teil 1**

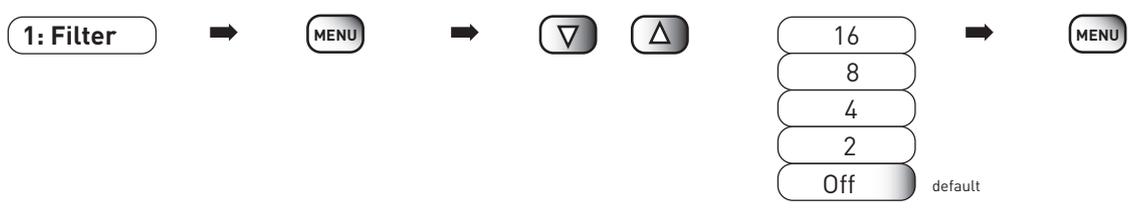
- Menü aufrufen mit:  ➔ Menü auswählen mit:  
- ➔ Menü öffnen mit: 
- ➔ Parameter wählen:  
- ➔ Parameter übernehmen und Menü schließen: 

Sonderfunktion im  
Logger-Menü  
siehe Seite 26: 

**Einstellen der Messrate**



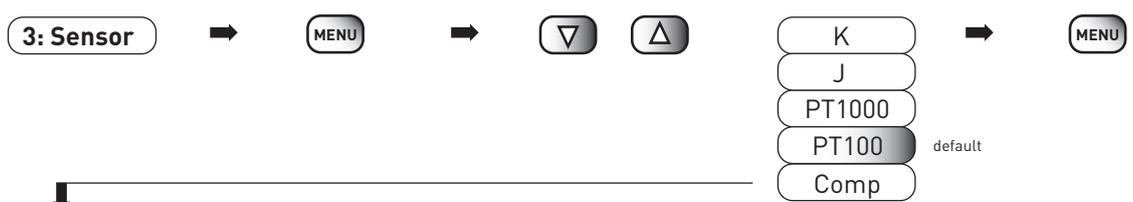
**Filterfunktion: Anzahl der Messwerte für die gleitende Mittelwertbildung**



**Temperatur: Einheit einstellen**



**Messfühler auswählen (PT100 / PT100, Fe - CuNi, NiCr - Ni)**



**Referenzstelle für Thermo-Element festlegen**



**Status-Information**

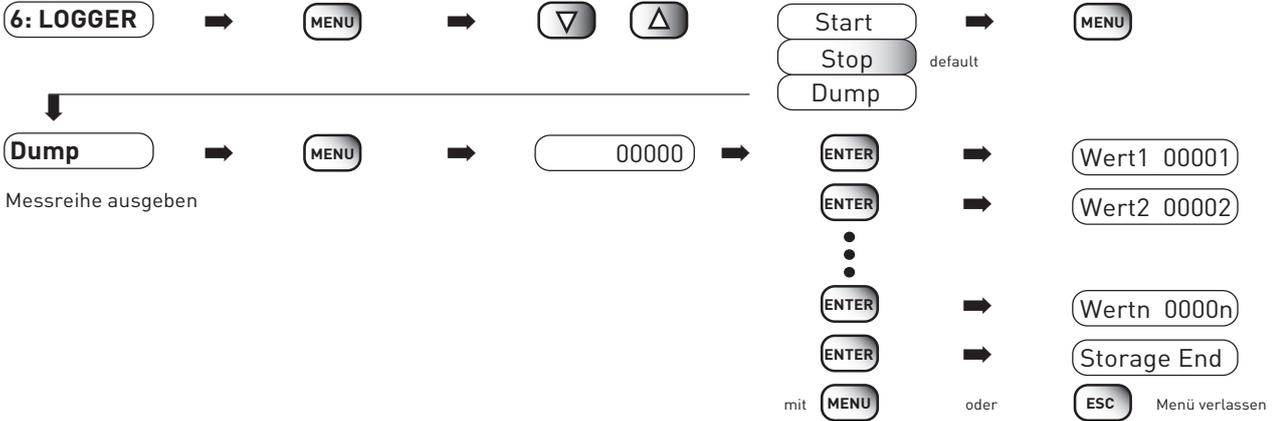


Übersicht Menü-Struktur Teil 2

Math-Menu



Datenlogger starten, stoppen, Messreihe ausgeben



Schnittstelle: Baudrate einstellen



Geräteabgleich

8: Cal Dieser Bereich ist passwort-geschützt.

Mess-Stellenumschalter, Kanalwahl



## 10.7 Menüaufbau und Funktion

Aus dem mit der Taste MENU **[18]** aufgerufenen Hauptmenü wird in die nachfolgend beschriebenen Untermenüs verzweigt.

### 0:Time

Die zeitlichen Abstände der Messungen sind von 0,01 s bis 60 s einstellbar. Das bedeutet, es wird alle 0,01 sec oder auch nur alle 60 sec ein Messwert erfasst.

Die Messrate lässt sich mit folgenden Werten einstellen:

10 ms	(nur über Schnittstelle)
50 ms	(nur über Schnittstelle)
100 ms	(Default nach Einschalten Netzspannung)
500 ms	
1 s	
10 s	
60 s	

Das bedeutet, es wird zum Beispiel alle 500 ms eine Messung vorgenommen und der Wert im Display aktualisiert. Nach Einschalten der Netzspannung ist als Default ein Wert von 100 ms eingestellt. Wird die Netzspannung entfernt, geht ein zuvor anders eingestellter Wert verloren.

Bei Änderungen der Messfunktion bleibt das HM8112-3 auf die vorher eingestellte Messzeit eingestellt. Wird jedoch eine Messzeit von 10s oder 60s eingestellt, schaltet das Gerät bei Wechsel der Messfunktion die Messzeit automatisch auf 1s zurück.

**Beispiel:** Die Messzeit wird in  $V_{DC}$  auf 60s eingestellt. Nun erfolgt der Wechsel zur Messfunktion  $A_{DC}$ . Das Messgerät reduziert nun die Messzeit selbständig auf 1s. Diese neue Messzeit gilt jetzt für alle anderen Messfunktionen. Wird eine größere Messzeit als 1s gewünscht, ist dies bei Wechsel der Messfunktion jeweils neu einzustellen.



**Eine Messrate von 60 s bedeutet:**  
Der Messwandler des HM8112-3 integriert die Eingangsspannung und danach die Referenzspannung über eine Zeitspanne von 60 s. Nach Ablauf der Zeit wird der über diese 60 s ermittelte Wert mit 6½ Stellen angezeigt.

### 1:Filter

In diesem Menü wird die Anzahl der Messwerte zur gleitenden Mittelwertbildung ausgewählt. OFF wird für die direkte Anzeige des Messwertes verwendet. Wird ein Wert größer 1 eingestellt, wird diese Anzahl an Messwerten zur Mittelwertbildung benutzt. Mit jedem neuen ermittelten Messwert wird der älteste Messwert verworfen und der Mittelwert neu berechnet. (siehe Gerätekonzept: Gleitender Mittelwert).

OFF (Default nach Einschalten Netzspannung)
2
4
8
16

### 2:Temp

In diesem Menü wird die Einheit für die Temperaturmessung ausgewählt.

Grad Celsius	(°C)
Grad Fahrenheit	(°F)

Die zuletzt eingestellte Einheit wird nach Zuschalten der Netzversorgung verwendet.

### 3:Sensor

Hier erfolgt die Auswahl des verwendeten Temperaturfühlers. Nach Einschalten der Netzspannung und Auswahl vom Menü **3:Sensor** während eine andere Messfunktion als die Tem-

peraturmessung eingestellt ist, wird als default PT100 als Messfühler angezeigt. Wird nun ein Thermo-Elementfühler gewählt, springt nach Übernahme des Wertes das HM8112-3 in die Messfunktion  $\delta TH$  **[15]**.

Ebenso springt nach Auswahl eines PT-Fühlers das Gerät in die Messfunktion  $\delta PT$  **[13]**.

Der zuletzt eingestellte Fühlertyp bleibt auch nach Wegschalten der Netzspannung im Gerät gespeichert.

- K-TYP (Default nach Einschalten Netzspannung)  
Thermoelement NiCr-Ni
- J-TYP Thermoelement Fe-CuNi
- PT1000 Platinwiderstandssensor mit  $R_0 = 1000 \Omega$
- PT100 (Default nach Einschalten Netzspannung)  
Platinwiderstandssensor mit  $R_0 = 100 \Omega$

### Comp

Bei Messungen mit Thermoelementen muss eine Referenzstelle mit bekannter Temperatur definiert sein. Diese Referenztemperatur wird dem HM8112-3 vorgegeben. Dazu gibt es drei Möglichkeiten:

#### a) Comp Ext/Ice

Als Referenz dient eine externe bekannte Temperaturmess-Stelle, ein Eisbad oder eine andere Referenz mit 0°C. Das Thermo-Element ist mit dem geschlossenen Ende an der Mess-Stelle und mit dem offenen Ende im Eisbad angebracht. Vom offenen Ende des Thermo-Elements kann dann mit normalen Messleitungen weiter zum HM8112-3 gefahren werden.

#### b) Comp PT-Front

Als Referenz für die Messung mit Thermoelement dient die mit einem Platinmessfühler gemessene Temperatur. Werden über einen Messstellenumschalter mehrere Thermoelemente mit dem HM8112-3 verbunden, würde für jedes Thermoelement der Aufwand mit dem Eisbad notwendig sein. So wird jedoch als Referenz die Umgebungstemperatur oder auch eine Quelle mit fester Temperatur verwendet (z.B. Eisbad, beheizte Referenz). Wird mit MENU das Untermenü **PT-Front** gewählt, öffnet sich die Messfunktion  $\delta PT$ . Hier wird gewählt, ob die Messung als 2-Draht oder als 4-Drahtmessung erfolgt. Dann wird die Referenztemperatur mit dem Platinsensor gemessen und durch Betätigen von MENU vom HM8112-3 übernommen. Bei der 2-Drahtmessung kann der PT-Fühler zusammen mit dem Thermoelement angeschlossen bleiben. Bei der 4-Drahtmessung wird er entfernt und durch den Anschluss zum Thermoelement ersetzt.

#### c) Comp 23°C/°F

Als Referenz wird eine Temperatur von 23°C vorgegeben. Bei Messungen hoher Temperaturen ist der auftretende Messfehler bei Abweichung der Referenztemperatur vernachlässigbar, sofern das offene Ende des Thermoelementes auf Niveau der Umgebungstemperatur liegt. Die Umgebungstemperatur sollte dann im Bereich um die 23°C liegen.

### 4:Info

In diesem Menü sind allgemeine Gerätefunktionen abrufbar:

**Version:** Die Revisionsnummer der Gerätesoftware anzeigen.

**Ser-Nr:** Die Seriennummer des Gerätes wird angezeigt.

**Cal Date:** Das Datum der letzten Kalibrierung wird angezeigt.

### 5:Math

Verschiedene Eigenschaften der Messwerte auswerten

OFF Das Menü 5:Math ist ausgeschaltet

Lo Limit Der untere Grenzwert.

Bei Unterschreiten des Messwertes von Lo Limit erfolgt eine akustische Warnung und Anzeige von „Lo Limit“ im Display.

- Hi Limit** Der obere Grenzwert.  
Bei Überschreiten des Messwertes von Hi Limit erfolgt eine akustische Warnung und Anzeige von „Hi Limit“ im Display.
- Offset** Ein Offsetwert kann für alle Messfunktionen [6] bis [15] eingestellt werden.
- Offsetwert an den Anschlussbuchsen anlegen
  - Menü 5:Math auswählen
  - Mit  $\Delta$  [23] das Untermenü OFFSET auswählen
  - Mit MENU [18] das Untermenü öffnen, der angelegte Offsetwert wird im Display angezeigt
  - Mit MENU [18] den Offsetwert übernehmen
  - Rücksprung zur Messfunktion, als Messwert wird 0,00..., die Maßeinheit und „Os“ im Display angezeigt.
  - Jetzt die eigentliche zu messende Größe an das Gerät anschließen. Dies wird nun mit dem zuvor eingestellten Offset verrechnet und angezeigt.

Um den eingestellten Offset zu löschen:

- Menü 5:Math auswählen
  - Mit  $\Delta$  [23] das Untermenü „Off“ auswählen
  - Mit MENU [18] übernehmen, Rücksprung zur Messfunktion, der Messwert ohne Offset wird im Display angezeigt.
- oder
- Eine andere Messfunktion aufrufen.  
Der Offset wird bei Verlassen der Messfunktion nicht gespeichert.

### 6:Logger

Verschiedene Eigenschaften der Messwerte auswerten

- Start** Die Messreihe wird gestartet. Entsprechend der in **0:Time** eingestellten Messrate wird alle **xx** Sekunden ein Messwert erfasst und gespeichert.
- Stop** Die Messreihe wird gestoppt
- Dump** Die Messreihe wird am Display angezeigt. Mit jedem Betätigen von ENTER wird ein um der andere Messwert der Datenreihe am Display ausgegeben.

### 7:COM

In diesem Schnittstellenmenü ist die Auswahl der Übertragungsrate möglich. Es sind 9.600 Baud oder 19.200 Baud wählbar. Die restlichen Schnittstellenparameter sind fest eingestellt.

#### Schnittstellenparameter RS-232 (einstellbar)

- Rs Off Default Schnittstelle ausgeschaltet  
Rs19200 Baudrate auf 19200 Baud  
Rs 9600 Baudrate auf 9600 Baud

#### Schnittstellenparameter RS-232 (fest)

- N kein Paritätsbit  
8 8 Datenbits  
1 1 Stopbit  
Xon-Xoff Xon-Xoff

 **Pro übertragenes Zeichen wird 1 ms Zeit benötigt. Wird die Messzeit RATE auf 0,01 sec eingestellt, muss die Baudrate 19.200 gewählt sein.**

### 8:Cal

Dieser Bereich ist passwort-geschützt. Um exakte Messungen zu garantieren, ist das Multimeter HM8112-3 werkseitig kalibriert worden. Kalibrierungen dürfen nur mit Hilfe genauer

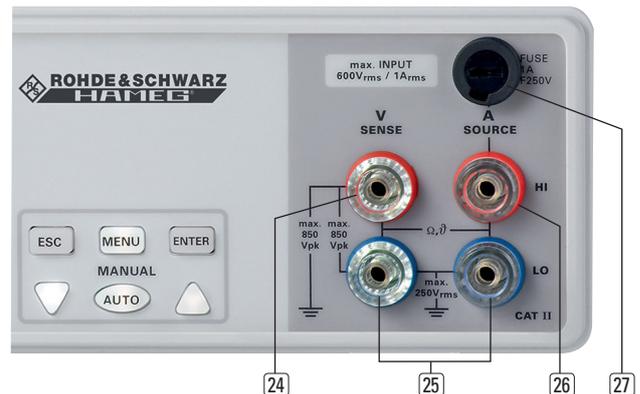
Referenzquellen durchgeführt werden. Hierzu kann ggf. das Passwort bei der Fa. HAMEG Instruments GmbH (Tel.: 06182-800-500 oder per E-Mail: service@hameg.de) angefordert werden.

**Wichtig: Mit Erhalt des Passworts erlischt die Gewährleistung der Fa. HAMEG Instruments GmbH hinsichtlich der Einhaltung der technischen Daten des Geräts.**

### 9:Mux

Für eine spätere Implementierung eines Scanners/Mess-Stellenumschalters vorgesehen!

## 10.8 Mess-Eingänge



Zum Anschluss der Messsignale besitzt das HM8112-3 auf der Frontplatte vier Sicherheitsbuchsen. Je nach eingestellter Messfunktion sind die aktiven Sicherheitsbuchsen beleuchtet.

 **Generell sind die Frontbuchsen über geeignete Sicherheitsstecker anzuschließen und die entsprechenden Sicherheitsbestimmungen zu beachten.**



**Beim Anlegen von berührungsgefährlichen Spannungen an die Eingangsbuchsen [24] und [26] müssen alle diesbezüglichen Sicherheitsvorschriften beachtet werden!**

**Gleichspannung ist erdfrei zu machen!**

**Wechselspannung ist mit einem Schutztrenntrafo erdfrei zu machen!**



#### Achtung!

**Spannungen, die einen der folgenden Werte überschreiten, werden als berührungsgefährlich angesehen:**

- 30 Volt Effektivwert
- 42,4 Volt Spitzenwert
- 60 Volt Gleichspannung

**Das Anlegen höherer Spannungen darf nur durch Fachkräfte erfolgen, die mit den damit verbundenen Gefahren vertraut sind! Die diesbezüglichen Sicherheitsvorschriften sind unbedingt zu beachten!**

#### [23] V / SENSE (4mm Sicherheitsbuchse)

Zum Anschluss der Messkabel für

- Spannungsmessung
- Frequenzmessung
- 4-Draht-Widerstandsmessung (SENSE-Leitung)
- Temperaturmessung mit Thermo-Element
- 4-Draht-Temperaturmessung mit PT-Temperaturfühler (SENSE)



Die maximale Spannung von HI gegen das Gehäuse (Schutzleiter) darf 850V<sub>peak</sub> oder 600V<sub>DC</sub> betragen!



Die maximale Spannung von LO gegen das Gehäuse (Schutzleiter) darf 250V<sub>rms</sub> betragen!

**24 A / SOURCE (4mm Sicherheitsbuchse)**

Zum Anschluss der Messkabel für:

- Strommessung, max. 1 Ampere
- 2-Draht-Widerstandsmessung
- 4-Draht-Widerstandsmessung (SOURCE-Leitung)
- 4-Draht-Temperaturmessung mit PT-Temperaturfühler SOURCE-Leitung
- Durchgangsprüfung bis 10 Ω



Der maximale Strom darf 1 A<sub>eff</sub> betragen!

**25 LOW (4mm Sicherheitsbuchsen)**

Masseanschluss für 24 und 26. Beide Buchsen sind hoch-ohmig galvanisch miteinander verbunden.

**27 Sicherung für Messkreis**

Mit der im Sicherungshalter befindlichen Sicherung [Zeit-Strom-Charakteristik: Superflink (FF)] wird der Messwiderstand geschützt. Dieser Messkreis ist für einen maximal zulässigen Messstrom von 1 Ampere ausgelegt [Sicherungsspezifikation: Superflink (FF)].



Das Auswechseln dieser Sicherung darf nur erfolgen, wenn an den Messkreisanschlüssen keine Spannung anliegt! Ein Reparieren der defekten Sicherung oder das Verwenden anderer Hilfsmittel zum Überbrücken der Sicherung ist gefährlich und unzulässig!

**10.9 Sicherungswechsel der Messkreissicherung**

Die Messkreissicherung 23 ist von außen zugänglich. Das Auswechseln der Sicherung darf nur erfolgen, wenn an den Messkreisanschlüssen keine Spannung anliegt! Dazu werden am besten alle Verbindungen zu V SENSE 24, Masseanschluss 25 und A/SOURCE 26 getrennt. Mit einem Schraubendreher mit entsprechend passender Klinge wird die Verschlusskappe des Sicherungshalters vorsichtig gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Damit sich die Verschlusskappe drehen lässt, wird diese mit dem Schraubendreher in den Sicherungshalter gedrückt. Die Verschlusskappe mit der Sicherung lässt sich dann einfach entnehmen. Tauschen Sie die defekte Sicherung gegen eine neue Sicherung, vorgeschriebenen Auslösestromes und Typs, aus. Ein Reparieren der defekten Sicherung oder das Verwenden anderer Hilfsmittel zum Überbrücken der Sicherung ist gefährlich und unzulässig. Dadurch entstandene Schäden am Gerät fallen nicht unter die Garantieleistungen.



**10.10 Rückseite des HM8112-3**

**28 Kaltgeräteeinbaustecker mit Netzschalter**

Kaltgeräteeinbaustecker zur Aufnahme des Netzkabels mit Kaltgerätekupplung nach DIN 49457.

**29 Interface**

Auf der Rückseite des HM8112-3 befindet sich eine USB/RS-232 Schnittstelle (H0820). Mit dieser Schnittstelle kann das HM8112-3 Daten (Befehle) von einem externen Gerät (PC) empfangen und Daten (Messwerte und Parameter) senden. Optional kann eine IEEE-488 (GPIB) Schnittstelle eingebaut werden. Um die Öffnung des Garantiesiegels zu vermeiden empfehlen wir den Einbau ab Werk.

**30 Netzspannungswahlschalter**

Zum Umschalten zur jeweils verfügbaren Netzspannung (115V oder 230V).

**11 Messstellenumschalter H0112 (optional)**

**Allgemein:**

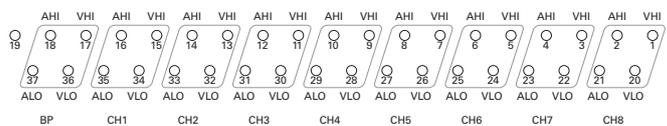
Bei eingebautem Messstellenumschalter sind Spannungsmessungen nur bis 100 V möglich, der 600 V – Bereich ist automatisch inaktiv. Pin 1 ist der Ground-Anschluss. Der Kanal BP dient zur Einspeisung eines Strom in alle anderen Kanäle z.B. zur Versorgung von Sensoren, LEDs etc.

**Befehle:**

- 03A0 Alle Kanäle aus
- 03A1 Kanal 1 aktiv
- 03A2 Kanal 2 aktiv
- 03A3 Kanal 3 aktiv
- 03A4 Kanal 4 aktiv
- 03A5 Kanal 5 aktiv
- 03A6 Kanal 6 aktiv
- 03A7 Kanal 7 aktiv
- 03A8 Kanal 8 aktiv
- 03A9 Buchsen vorne aktiv



**Steckerbelegung:**



**Technische Daten**

<b>Kanäle:</b>	8 [4-polig]
<b>Schaltungsart:</b>	bistabile, potentialfreie Relais
<b>Thermospannung:</b>	typ. 500 nV, max. 1µV*
<b>Max. Spannung zw. 2 Kontakten:</b>	125 V <sub>pk</sub>
<b>Max. Mess-Spannung:</b>	125 V <sub>pk</sub> - auch über V/Ω-Eingang -
<b>Volt-Hertz-Produkt:</b>	≤ 1 x 10 <sup>6</sup> V · Hz
<b>Max. Schaltstrom:</b>	1 A <sub>eff</sub>
<b>Max. Durchgangswiderstand:</b>	ca. 1 Ω (pro Leitung)
<b>Lebensdauer:</b>	2 x 10 <sup>8</sup> Schaltspiele (0,1 A; 10 V <sub>DC</sub> )
<b>Isolationswiderstand:</b>	3 GΩ **)
<b>Kapazität:</b>	>100 pF, zwischen den Kontakten
<b>Zeit zw. 2 Schaltvorgängen:</b>	20 ms
<b>Verzögerung d. Messbeginns:</b>	zw. 50 ms und 300 ms

\*) max. 1µV nach einer Aufwärmzeit von 1,5 Stunden

\*\*\*) bei rel. Luftfeuchtigkeit unter 60%

12 Befehlsliste

Die Befehle müssen als Buchstaben- bzw. Ziffern-Zeichenkette im ASCII-Format gesendet werden. Buchstaben können in Groß- und Kleinschreibung gesendet werden. Abgeschlossen wird jeder Befehl mit CR entspricht Chr (13) bzw. 0x0D oder LF entspricht Chr (10) bzw. 0x0A

Aufbau der Steuerbefehle für das HM8112-3														
1. Zeichen	2. Gruppe	3. Zeichen Funktion	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	5. Zeichen	
			4. Zeichen PARAMETER											
0	0	VDC	100mV	1V	10V	100V	600V	-	-	-	-	-	No Change	
	1	VAC	100mV-DC	1V-DC	10V-DC	100V-DC	600V-DC	-	1V-AC	10V-AC	100V-AC	600V-AC	600V-AC	
	2	IDC	0,1mA	1mA	10mA	100mA	1A	-	-	-	-	-	No Change	
	3	IAC	0,1mA	1mA	10mA	100mA	1A	-	-	-	-	-	No Change	
	4	OHM 2WIRE	100Ohm	1kOhm	10kOhm	100kOhm	1MOhm	10MOhm	10MOhm	-	-	-	-	No Change
	5	OHM 4WIRE	1000Ohm	1kOhm	10kOhm	100kOhm	1MOhm	10MOhm	10MOhm	-	-	-	-	No Change
	8	FREQ/PERIOD VAC	-	FREQ	PERIOD	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	Diodentest	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No Change
	C	Durchgang	-	-	-	-	-	-	-	10 Ohm	-	-	-	-
	D	Sensor RTD 2WIRE	-	-	-	-	Pt100	-	Pt1000	-	-	-	-	-
	E	Sensor RTD 4WIRE	-	-	-	-	Pt100	-	Pt1000	-	-	-	-	-
	F	Sensor TH	-	J	K	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0	0	AUTO-RANGE	OFF	ON	-	-	-	-	-	-	-	UP	DOWN
	1	1	MEAS-Time	-	10ms	50ms	100ms	500ms	1s	10s	60s	UP	DOWN	DOWN
	2	2	Filter	CONT	2	4	8	16	-	-	-	-	-	-
	4	4	Math	OFF	OFFSET	HIGH LIMIT	LOW LIMIT	-	-	-	MAX	MIN	-	-
	6	6	TRIGGER	AUTO	SINGLE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	7	ZERO	-	ZERO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	8	Temp	-	-	-	-	°C	°F	-	-	-	-	-	
9	9	Storage	STOP	START	DUMP	SINGLE DUMP	CLEAR	REC. END	REC. EMPTY	STOR FULL	-	-	-	
A	A	BUFFER	OFF	ON	DUMP	SINGLE DUMP	CLEAR	AUTO CLEAR	BUF. EMPTY	-	-	-	-	
B	B	RECORD NR.	-	1	2	3	4	5	6	8	---	F	-	
C	C	Sensor Comp	EXT/ICE	23°C	FRONT	-	-	-	-	-	-	-	-	
F	F	TEST	-	RAM	-	-	RAM GOOD	RAM FAIL	-	-	-	-	-	
2	2	Com	OFF	-	-	9600	19200	-	-	-	-	-	-	
C	C	MESSAGE	-	-	STATE DUMP	STATE OFF	AUTO STATE	CONT STATE	-	-	-	-	-	
D	D	ERROR	LENGTH	GROUP 1	GROUP 2	-	-	-	-	-	---	E	GRUPE	
F	F	Info - data read	REVISION	LAST CAL	SER NUM	LEAD RES	-	-	-	-	-	-	-	

## 13 Fernbedienung

Die im HM8112-3 verwendete Dual-Schnittstelle USB/RS-232 (H0820) oder GPIB-Schnittstelle (H0880) ist vom Messkreis galvanisch getrennt.

Das Gerät kann über diese Schnittstellen vom PC aus programmiert werden. Funktionen und Bereiche können geschaltet und Messdaten eingelesen werden, die im Gerät gesammelt wurden. Die Treiber für diese Schnittstellen finden sie sowohl auf der dem Messgerät beigelegten Produkt-CD, als auch auf <http://www.hameg.com>.



**Durch die 1:1 Verbindung des Schnittstellenkabels wird der Datenausgang des einen Gerätes mit dem Dateneingang des anderen Gerätes verbunden. Bei PC's mit 25poligem COM-Port wird empfohlen, einen handelsüblichen Adapter von 9polig D-Sub auf 25-polig D-Sub zu verwenden.**

### Schnittstellenparameter RS-232

N, 8, 1, Xon-Xoff  
(kein Paritätsbit, 8 Datenbits, 1 Stoppbit, Xon-Xoff)

Die Datenübertragung erfolgt mit 9600 Baud.

### USB-Schnittstelle

Das Messgerät muss nicht konfiguriert werden. Bei Bedarf kann die Baudrate geändert werden. Verbinden Sie den HM8112-3 mit einem USB-Kabel mit Ihrem PC und installieren Sie die Treiber der USB-Schnittstelle wie im Handbuch der USB-Schnittstelle beschrieben.

### IEEE-488 (GPIB)-Schnittstelle

Sie müssen lediglich die GPIB-Adresse an der GPIB-Schnittstelle auf der Geräterückseite einstellen und ihn mit einem GPIB-Kabel an Ihren PC anschließen. Einstellungen können nur vor dem Starten des Gerätes erfolgen, während dem Betrieb ist dies nicht möglich.

## 14 Datenübertragung

### 14.1 Befehlsaufbau

Ein Steuerbefehl besteht immer aus 5 ASCII-Zeichen:

1. Zeichen: 0
2. Zeichen: Befehlsgruppe (0,1,2, oder E)
3. Zeichen: Funktion zwischen 0 und F
4. Zeichen: Parameter zwischen 0 und F
5. Zeichen: Ende-Zeichen, entweder CR oder LF

- Alle Steuerbefehle werden mit CR oder LF abgeschlossen
- Der Zeichenvorrat besteht aus den Ziffern 0-9, den Buchstaben A-F und CR, LF.
- Die Buchstaben A-F können als Groß- oder Kleinbuchstaben eingegeben werden.
- Die der 0 folgenden Zeichen 2, 3 und 4 werden als Steuerbefehl ausgewertet. Nach der Eingabe eines Befehls muss zur Abarbeitung eine Pause von mindestens 35ms eingehalten werden. Erst dann sollte der nächste Befehl eingegeben werden.

- Die Eingabe ungültiger Befehle wird mit der Nachricht 02D0 für falsche Nachrichtenlänge oder nicht implementierte Befehls-Gruppen, mit 02D1 für Gruppe 1, mit 02D2 für Gruppe 2 und mit 02DE für Gruppe E beantwortet. Dies hilft bei der Fehlersuche im Steuerprogramm. Diese Fehler-Nachrichten werden sofort nach Auftreten ausgegeben.

### Anmerkung zu einigen Befehlen:

- 0000... 0004 Gleichspannungsmessung, Messbereiche 100 mV bis 600 V
- 0010... 0014 True RMS mit Gleichanteil
- 0016... 0019 True RMS ohne Gleichanteil
- 02C3... 02C5 bei Funktions- oder Bereichswechsel wird die Nachricht über die Schnittstelle gesendet
- 02F0... 02F3 Hier können Gerätedaten abgefragt werden



**Durch Betätigen der Taste „LOCAL“ kann das Grät in den manuellen Betrieb zurückgesetzt werden.**

### 14.2 Befehlsreferenz

Die **Gruppe 0** steuert alle Messfunktionen. Wurde die Messzeit > 1s eingestellt, wird die Messzeit bei Funktionswechsel auf 1s zurückgesetzt. Bei Bereichswechsel bleibt die Messzeit erhalten. Bereichs- und Funktionswechsel lösen immer einen Filterneustart aus.

#### Funktion 0-5:

Mit diesem Parameter wird der Messbereich gewählt. Autorange wird abgeschaltet. Der Parameter 9 (No Change) hält die Bereichseinstellung der vorherigen Funktion bei.

#### Funktion 1:

Es wird mit den Parametern 0 – 4 die Kopplungsart DC und mit den Parametern 6-9 die Kopplungsart AC gewählt.

#### Funktion 8:

FREQ VAC benötigt einen gültigen Parameter (1 oder 2). Während der Frequenzmessung ist die Spannungsmessung abgeschaltet und somit keine Bereichsautomatik möglich. Es wird der zuletzt in der Funktion VAC eingestellte Bereich übernommen.

#### Funktion B:

Diodentest mit dem Parameter 9

#### Funktion C:

Durchgangsprüfung mit dem Parameter 6 ( $R_{\text{durch}} = 10\Omega$ )

#### Funktion D und E:

2-Draht- bzw. 4-Draht-Temperaturmessung benötigen den Parameter 3 für PT100 oder 5 für PT1000.

#### Funktion F:

Temperaturmessung mit Thermoelement benötigt den Parameter 1 für Typ J oder 2 für Typ K.

Die **Gruppe 1** steuert die Messeigenschaften des Gerätes.

#### Funktion 0 (Autorange)

- **Parameter 0** schaltet die Bereichsautomatik aus.
- **Parameter 1** schaltet die Bereichsautomatik ein.
- **Parameter 8** schaltet den nächst höheren Bereich ein (bis der höchste erreicht ist).
- **Parameter 9** schaltet den nächst niedrigeren Bereich ein (bis der niedrigste erreicht ist).

### Funktion 1 (Meas-Time)

- **Parameter 1-7** stellen die Messzeit zwischen 10 ms und 60 s ein. Mit der eingestellten Messgeschwindigkeit werden die Messwerte auf der Schnittstelle ausgegeben.
- **Parameter 8** schaltet die nächst höhere Messzeit ein (bis die höchste erreicht ist).
- **Parameter 9** schaltet die nächst niedrigere Messzeit ein (bis die niedrigste erreicht ist).

### Funktion 2 (Filter Length) schaltet ein gleitendes Mittelwertfilter ein.

- **Parameter 0** schaltet das Filter aus.
- **Parameter 1-4** bestimmen die Anzahl der Messwerte, über die der Mittelwert gebildet wird (2, 4, 8, 16).

### Funktion 4 (Math Program)

- Parameter 0 schaltet die Mathematik-Funktion aus. Die Bereichsautomatik wird nicht eingeschaltet. Dies muss bei Bedarf durch den Befehl 0101 geschehen. Bei Abschaltung der Min/Max-Funktion am Gerät wird die Bereichsautomatik automatisch eingeschaltet.
- **Mit den Parametern 1 – 3** wird eine Mathematik-Funktion (OFFSET, HIGH LIMIT oder LOW LIMIT) aufgerufen und der letzte ausgegebene Messwert automatisch als Referenzwert übernommen. Erreichen der HIGH LIMIT bzw. LOW LIMIT Grenze löst einen Dauer-Beep des Gerätes aus. Auf der Schnittstelle wird 999999.9 ausgegeben.
- **Parameter 7 und 8** schalten die Max/Min-Funktion ein. Die Bereichsautomatik wird ausgeschaltet.

### Funktion 6 legt die Art der Messwert-Triggerung fest.

- **Parameter 0** schaltet die automatische Triggerung ein. Das heißt, dass jeder neue Messwert automatisch nach der eingestellten Messzeit (011X) ausgegeben wird.
- **Parameter 1** schaltet die Einzeltriggerung ein. Jeder Befehl 0161 löst die Ausgabe genau einer Messung aus. Bufferbetrieb und Messwertspeicherung werden nicht beeinflusst. Die Einzeltriggerung legt auch keine zusätzlichen Messwerte im Buffer oder Messwertspeicher ab.

### Funktion 7 (Zero) aktiviert den Nullabgleich.

- **Parameter 1** veranlasst, dass der nächste Messwert als Nullpunktkorrektur interpretiert wird und im E2PROM nichtflüchtig gespeichert wird.

### Funktion 8 (Result) legt das Ergebnis-Ausgabeformat fest.

- **Parameter 4 und 5** schalten für die Temperaturmessung die Ergebnisausgabe zwischen °C und °F um.

### Funktion 9 (Storage) steuert den Messwertspeicher. Einzeltriggerung (0161) und Bufferbetrieb (01A1) beeinflussen nicht den Speicherbetrieb. Der Messwertspeicher kann unabhängig beschrieben und gelesen werden.

- **Parameter 0** stoppt die Messwertspeicherung.
- **Parameter 1** startet die Speicherung. Es wird automatisch von 1 beginnend der nächste freie Speicherplatz belegt (maximal 15). Im Header des Messwertspeichers werden Funktion, Bereich und Messzeit gespeichert.
- **Parameter 2** gibt, nachdem vorher ein Messwertspeicher mit dem Befehl 01BX (zwingend erforderlich) ausgewählt wurde, alle Messwerte dieses Messwertspeichers nacheinander aus. Die Ausgabe wird auch nicht durch neue, aktuelle Messergebnisse unterbrochen. Soll ein Messwertspeicher wiederholt ausgelesen werden, muss jedes mal zu Beginn mit dem Befehl 01BX der Messwertspeicher angewählt werden.
- **Parameter 3** gibt, nachdem vorher ein Messwertspeicher mit dem Befehl 01BX (zwingend erforderlich) ausgewählt wurde, jeweils den nächsten Messwert (vom ersten begin-

nend) aus. Mit diesem Befehl kann die Geschwindigkeit der Speicherausgabe kontrolliert werden.

- **Parameter 4** löscht den gesamten Messwertspeicher.
- **Parameter 5 bis 7** sind Gerätenachrichten. 0195 signalisiert bei der Speicherausgabe das Ende eines Messwertspeichers. 0196 meldet, dass ein durch 01BX ausgewählter Messwertspeicher leer ist. 0197 meldet, dass entweder alle 32000 Speicherplätze besetzt sind oder dass alle 15 Records belegt sind.

### Funktion A (Buffer) steuert den Messwert-Buffer. Messwerte werden nicht mehr automatisch über die Schnittstelle ausgegeben, sondern in einem Ringspeicher werden die letzten 15 Messwerte gespeichert. Werden die Messwerte nicht durch die Befehle 01A2 oder 01A3 ausgelesen, wird immer der älteste Messwert überschrieben. Ist die Auto-Statusfunktion eingeschaltet, wird die Ausgabe der Status-Nachrichten gesperrt und sie gehen verloren (siehe auch Befehl 02C4 und 02C5). Ohne Aufforderung (01A2 oder 01A3) werden keine Nachrichten vom Gerät gesendet.

- **Parameter 0** schaltet den Buffer aus.
- **Parameter 1** schaltet den Buffer ein.
- **Parameter 2** gibt nacheinander alle im Buffer gespeicherten Messwerte aus. Wenn der letzte Messwert ausgegeben ist, wird dies mit der Nachricht 01A6 (Buffer Empty) quittiert.
- **Parameter 3** gibt den ältesten im Buffer vorhandenen Messwert aus. Wenn der letzte Messwert ausgegeben ist, wird dies mit der Nachricht 01A6 (Buffer Empty) gemeldet.
- **Parameter 4** löscht den Buffer. Dies ist nach einem Bereichs- und Funktionswechsel notwendig, da anhand der Messergebnisse nicht immer eine sichere Zuordnung der im Buffer befindlichen Messwerte möglich ist. Dasselbe gilt auch für andere Parameteränderungen wie Messzeit, Filter etc.
- **Parameter 5** löscht den Buffer automatisch nach Befehlen der Gruppe 0 sowie nach den Befehlen 0108 und 0109. Diese Funktion wird durch den Befehl 01A4 abgeschaltet.
- **Parameter 6** ist eine Gerätenachricht und meldet, dass der Buffer leer ist.

### Funktion B (Record Nr.)

- **Parameter 1 bis F** wählen einen Messwertspeicher aus, der dann durch Storage Dump 0192 oder Storage Single Dump 0193 ausgelesen werden kann. Die Funktion 01BX sendet eine Nachricht mit dem Header des gewählten Messwertspeichers in der Form 0XX für Funktion und Bereich der Aufzeichnung und 011X für die Messzeit. Ist ein angewählter Messwertspeicher leer, wird die Nachricht 0196 gesendet. Die Nummern der Messwertspeicher werden bei der Aufzeichnung automatisch, mit 1 beginnend, vom Gerät vergeben.

### Funktion C (Temp Comp) stellt die Vergleichsstellenkompensation bei Temperaturmessungen mit Thermodrähten ein.

- **Parameter 0** kompensiert eine Vergleichsstelle mit 0°C.
- **Parameter 1** (23°C) nimmt eine Vergleichsstellentemperatur von 23°C an.
- **Parameter 2** (FRONT) verwendet die zuletzt mit einem PT100 bzw. PT1000 Fühler (2- oder 4-Draht) ermittelte Temperatur zur Kompensation. Bei Verwendung eines 2-Draht-Temperaturfühlers können gleichzeitig PT-Fühler und Thermodraht angeschlossen werden und bei Bedarf zwischen den Fühlern hin- und hergeschaltet werden.

### Funktion F (Test)

- **Parameter 1** löst einen nicht Daten zerstörenden RAM-Test des Messwertspeichers aus. Nach Ablauf des Tests wird das Ergebnis entweder mit der Nachricht 01F4 (RAM GOOD) oder 01F5 (RAM FAIL) ausgegeben.

Die **Gruppe 2** stellt die Schnittstelle und diverse Nachrichten ein. Ist eine IEEE-Schnittstelle (H0880) eingebaut, muss die Baudrate 9600 Baud betragen.

**Funktion 2** dient zur Einstellung der Baudrate. Diese wird im EEPROM abgespeichert (default 9600).

- **Parameter 0** schaltet den Sendebetrieb ab.
- **Parameter 3** stellt die Baudrate 9600 ein und schaltet den Sendebetrieb ein. Diese Baudrate ist für Messzeiten bis 50 ms geeignet.
- **Parameter 4** stellt die Baudrate 19200 ein und schaltet den Sendebetrieb ein. Diese Baudrate muss bei 10 ms Messzeit und Ergebnisausgabe über die Schnittstelle eingestellt werden.

**Funktion C** (Message) liefert Status-Informationen des Gerätes.

- **Parameter 2** liefert den kompletten Status des Gerätes. Es werden nacheinander Nachrichten der Gruppe 0 und der Gruppen 11 bis 15 ausgegeben. Die Gerätezustands-Nachrichten 0197, 0198 und 01A6 werden ausgegeben, wenn sie aktiv sind. Der Befehl 02C2 wird mit folgender Zeichenkette beantwortet:

Antwort	PARAMETER	
00XX Messfunktionen	0-6, 9	Bereiche und Sensoren
010X Bereichsautomatik	0,1	Off oder On
011X Messzeit	1-7	10 ms bis 60 s
012X Filter-Länge	0-4	Off, 2 bis 16
014X Mathematik Programm	0-3,7,8	Off, Offset, High Limit, Low Limit, Max, Min
016X Trigger-Art	0,1	einzelnd oder automatisch
018X Temperaturdimension	4,5	°C oder °F
019X Messwertspeicher	0,1	Off oder On
019X Messwertspeicher	7	Voll
019X Messwertspeicher	8	Einzelwert-Speicherung
01AX Messwertbuffer	0,1	Off oder On
01AX Messwertbuffer	5	Auto Clear eingeschaltet
01CX Temperatur-kompensation	0,1,2	Extern, 23° oder PT-Temperaturmessung

- **Parameter 3** schaltet die Auto-Statusfunktion (02D4) und die kontinuierliche Statusfunktion(02D5) aus.
- **Parameter 4** schaltet die Auto-Statusfunktion ein. Die kontinuierliche Statusfunktion wird (falls aktiv) ausgeschaltet. Bei Eingabe über die Schnittstelle werden alle Befehle der Gruppen 0 und 1 sofort, asynchron zu den Messwerten, durch Echo auf der Schnittstelle quittiert. Die Eingabe nicht implementierter Befehle wird mit der Nachricht 02DX beantwortet (Hilfe bei der Fehlersuche im Steuerprogramm). Folgende Nachrichten, ausgelöst durch Bedienung der Tastatur oder verursacht durch das Geräte-Programm (z. B. Messwertspeicher voll, Bereichsautomatik) werden unmittelbar nach Entstehen ausgegeben:  
00XX, 0100, 0101, 0111-7, 0120-4, 0140, 0147, 0148, 0182-5, 0190, 0191, 0198, 01C1, 01C2
- **Parameter 5** schaltet die kontinuierliche Statusfunktion ein. Die Auto-Statusfunktion wird (falls aktiv) ausgeschaltet. Nach jedem Messergebnis wird die aktuelle Funktion und der aktuelle Bereich im Format 00XX ausgegeben. Danach folgt die Angabe der Messzeit im Format 011X. Eine durch eine Zustandsänderung des Gerätes ausgelöste

Nachricht der Gruppe 1 wird gespeichert und an Stelle der Messzeit synchron mit dem nächsten Messwert ausgegeben. Entsteht mehr als eine Nachricht der Gruppe 1 durch Bedienung der Tastatur oder verursacht durch das Geräte-Programm (z. B. Messwertspeicher voll, Bereichsautomatik) innerhalb eines Messzyklus, überschreiben diese sich gegenseitig. Nur die letzte Nachricht wird mit dem nächsten Messergebnis ausgegeben. Bereichs- und Funktionswechsel, die direkt am Gerät vorgenommen wurden, können mehrere Nachrichten der Gruppe 1 auslösen. Deswegen wird nur der Zustand der Bereichsautomatik ausgegeben und Nachrichten, die Änderungen der Funktionen Max/Min und den Messwertspeicher betreffen, unterdrückt (dies gilt nicht für die Befehlseingabe über die Schnittstelle). Diese Zustandsänderungen können folgender Tabelle entnommen werden:

	Max/Min	Messwertspeicher
Bereichswechsel	Neustart	aus
Funktionswechsel	aus	aus

Eine vollständige Information über den Gerätezustand erhält man über den Befehl 02C2.

Die Auto-Statusfunktion hat folgendes Ausgabeformat:  
+/-X.XXXXXX Messergebnis mit Vorzeichen  
0XX Funktion und Bereich  
XX Gruppe 1 Nachricht

Folgende Nachrichten der Gruppe 1 werden ausgegeben: 0100, 0101, 0111-7, 0120-4, 0140-143, 0147, 0148, 0184-5, 0190, 0191, 0198, 01C0-1C2

**Bei aktivem Bufferbetrieb** (01A1) bleibt die Auto-Statusfunktion aktiv und Funktion, Bereich und die Nachricht der Gruppe 1 werden mit dem Messwert im Ringspeicher abgelegt. Die Beschreibung der Auto-Statusfunktion bleibt vollständig gültig. Befehle der Gruppe 0 und Gruppe 1 werden quittiert, d.h. erst nach ihrer Ausführung wird eine Nachricht ausgegeben. Diese Quittungen können für einen Handshake verwendet werden, der zusätzliche Wartezeiten überflüssig macht.

**Funktion F** (Data) erlaubt die Abfrage von Gerätedaten.

- **Parameter 0** veranlasst die Ausgabe der 6-stelligen Software-Revisionsnummer (XXXXXX).
- **Parameter 1** veranlasst die Ausgabe des Kalibrierdatums im Format TTMMJJ.
- **Parameter 2** veranlasst die Ausgabe der Seriennummer des Gerätes.
- **Parameter 3** veranlasst die Ausgabe der Zuleitungswiderstandskompensation in mΩ für die 2-Draht-PT100-(PT1000)-Temperaturmessung.

	<b>Hersteller</b> <b>Manufacturer</b> <b>Fabricant</b>	<b>HAMEG Instruments GmbH</b> <b>Industriestraße 6</b> <b>D-63533 Mainhausen</b>	<b>KONFORMITÄTSERKLÄRUNG</b> <b>DECLARATION OF CONFORMITY</b> <b>DECLARATION DE CONFORMITE</b>		
	Die HAMEG Instruments GmbH bescheinigt die Konformität für das Produkt The HAMEG Instruments GmbH herewith declares conformity of the product HAMEG Instruments GmbH déclare la conformité du produit		Überspannungskategorie / Overvoltage category / Catégorie de surtension: II		
<b>Bezeichnung / Product name / Designation:</b> Präzisions-Multimeter Precision Multimeter Multimètre de précision		Verschmutzungsgrad / Degree of pollution / Degré de pollution: 2		Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility / Compatibilité électromagnétique	
<b>Typ / Type / Type:</b> HM8112-3		EN 61326-1/A1 Störaussendung / Radiation / Emission: Tabelle / table / tableau 4; Klasse / Class / Classe B.		Störfestigkeit / Immunity / Imunitee: Tabelle / table / tableau A1.	
<b>mit / with / avec:</b> HO820		EN 61000-3-2/A14 Oberschwingungsströme / Harmonic current emissions / Émissions de courant harmonique: Klasse / Class / Classe D.		EN 61000-3-3 Spannungsschwankungen u. Flicker / Voltage fluctuations and flicker / Fluctuations de tension et du flicker.	
<b>Optionen / Options / Options:</b> HO880		mit den folgenden Bestimmungen / with applicable regulations / avec les directives suivantes		Datum /Date /Date 01.12.2004	
EMV Richtlinie 89/336/EWG ergänzt durch 91/263/EWG, 92/31/EWG EMC Directive 89/336/EEC amended by 91/263/EWG, 92/31/EEC Directive EMC 89/336/CEE amendée par 91/263/EWG, 92/31/CEE		Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG ergänzt durch 93/68/EWG Low-Voltage Equipment Directive 73/23/EEC amended by 93/68/EEC Directive des équipements basse tension 73/23/CEE amendée par 93/68/CEE		Unterschrift / Signature / Signatur  G. Hübenett Produktmanager	
<b>Angewendete harmonisierte Normen / Harmonized standards applied / Normes                  harmonisées utilisées</b>		Sicherheit / Safety / Sécurité EN 61010-1:2001 (IEC 61010-1:2001)			

### General remarks regarding the CE marking

Hameg measuring instruments comply with the EMI norms. Our tests for conformity are based upon the relevant norms. Whenever different maximum limits are optional Hameg will select the most stringent ones. As regards emissions class 1B limits for small business will be applied. As regards susceptibility the limits for industrial environments will be applied.

All connecting cables will influence emissions as well as susceptibility considerably. The cables used will differ substantially depending on the application. During practical operation the following guidelines should be absolutely observed in order to minimize emi:

#### 1. Data connections

Measuring instruments may only be connected to external associated equipment (printers, computers etc.) by using well shielded cables. Unless shorter lengths are prescribed a maximum length of 3 m must not be exceeded for all data interconnections (input, output, signals, control). In case an instrument interface would allow connecting several cables only one may be connected.

In general, data connections should be made using double-shielded cables. For IEEE-bus purposes the double screened cable HZ72 from HAMEG is suitable.

#### 2. Signal connections

In general, all connections between a measuring instrument and the device under test should be made as short as possible. Unless a shorter length is prescribed a maximum length of 3 m must not be exceeded, also, such connections must not leave the premises.

All signal connections must be shielded (e.g. coax such as RG58/U). With signal generators double-shielded cables are mandatory. It is especially important to establish good ground connections.

#### 3. External influences

In the vicinity of strong magnetic or/and electric fields even a careful measuring set-up may not be sufficient to guard against the intrusion of undesired signals. This will not cause destruction or malfunction of Hameg instruments, however, small deviations from the guaranteed specifications may occur under such conditions.

HAMEG Instruments GmbH

Deutsch	3	8.3	Moving average	51
		8.4	Measurement of alternating values	51
<b>English</b>		<b>9</b>	<b>Introduction to the operation of the HM8112-3</b>	<b>51</b>
		<b>10</b>	<b>Control elements and displays</b>	<b>52</b>
General remarks regarding the CE marking	34	10.1	General functions	52
6½-Digit Precision-Multimeter HM8112-3	36	10.2	Buttons for the various measurement functions	52
Specifications	37	10.3	Continuity test	54
<b>1 Important hints</b>	<b>38</b>	10.4	Max / Min values	54
1.1 Symbols	38	10.5	Range selection	54
1.2 Unpacking	38	10.6	Menu structure / Menu prompting	55
1.3 Positioning	38	10.7	Menu structure and function	55
1.4 Transport	38	10.8	Measurement inputs	58
1.5 Storage	38	10.9	Replacement of the measuring circuit fuse	59
1.6 Safety instructions	38	10.10	Rear Panel	59
1.7 CAT II	38	<b>11</b>	<b>Scanner Card H0112</b>	<b>59</b>
1.8 Proper operating conditions	39	<b>12</b>	<b>Remote Operation</b>	<b>60</b>
1.9 Warranty and Repair	39	<b>13</b>	<b>Data communication</b>	<b>60</b>
1.10 Maintenance	39	13.1	Layout of commands	60
1.11 Mains voltage	39	13.2	Command reference	60
1.12 Line fuse	39	<b>14</b>	<b>Listing of commands</b>	<b>63</b>
1.13 Power switch	39			
<b>2 Control elements</b>	<b>40</b>			
<b>3 Measurement Principles and Basics</b>	<b>41</b>			
3.1 Display of measuring ranges	41			
3.2 Overranging	41			
3.3 Resolution of a measuring range	41			
3.4 Measurement accuracy	41			
3.5 Single-Slope A/D conversion	43			
3.6 Dual-Slope A/D conversion	43			
3.8 Accuracy specifications	44			
<b>4 DC measurements</b>	<b>45</b>			
4.1 Input resistance for dc measurements	45			
4.2 Series mode rejection	45			
4.3 Common mode rejection	45			
4.4 Thermal voltages	45			
4.5 Interference by magnetic fields	46			
<b>5 Resistance Measurement</b>	<b>46</b>			
5.1 Two-wire resistance measurement	46			
5.2 Four-wire resistance measurement	46			
5.3 Power dissipation of the resistors	46			
<b>6 AC measurement</b>	<b>47</b>			
6.1 Basics of AC measurements	47			
6.2 Arithmetic average value	47			
6.3 Rectified value	47			
6.4 Root-mean-square value	47			
6.5 Form factor	47			
<b>7 Temperature measurement</b>	<b>48</b>			
7.1 Temperature sensors	48			
6.6 Crest factor	48			
6.7 DC and AC currents	48			
7.2 Platinum temperature sensor PT100	49			
7.3 Temperature measurement with the PT100 / PT1000	49			
7.4 NiCr-Ni thermocouple (K-Type)	49			
7.5 Reference junction	50			
<b>8 Concept of the HM8112-3</b>	<b>51</b>			
8.1 Reference	51			
8.2 Integrated AD converters	51			

## 6½-Digit Precision Multimeter HM8112-3 [HM8112-3S]



HM8112-3S:  
Multimeter with built-in  
Scanner Card (8+1  
Channels, 2- and 4-Wire)



HZ42  
19" Rackmount Kit 2RU



Precise Temperature  
Measurement with Sensor



- ✓ 6½-Digit Display (1,200,000 Counts)
- ✓ Resolution: 100nV, 100pA, 100μΩ, 0.01°C/F
- ✓ DC Basic Accuracy 0.003%
- ✓ 2-Wire/4-Wire Measurements
- ✓ Measurement Intervals adjustable from 0.1...60s
- ✓ Up to 100 Measurements per Second transmitted to a PC
- ✓ True RMS Measurement, AC and DC+AC
- ✓ Mathematic Functions: Limit Testing, Minimum/Maximum, Average and Offset
- ✓ Temperature Measurements with Platinum (PT100/PT1000) and Ni (K and J types) Sensors
- ✓ Internal Data Logger for up to 32,000 Measurement Results
- ✓ Offset Correction
- ✓ Galvanically isolated USB/RS-232 Dual-Interface, optional IEEE-488 (GPIB)
- ✓ [HM8112-3S]: HM8112-3 incl. Scanner Card (8+1 Channels each 2- and 4-Wire)

## 6½-Digit Precision Multimeter HM8112-3 [HM8112-3S]

All data valid at 23 °C after 30 minutes warm-up.

### DC specifications

Ranges HM8112-3: 0.1V; 1V; 10V; 100V; 600V  
 Ranges HM8112-3S: 0.1V; 1V; 10V; 100V

Input impedance:  
 0.1V, 1.0V >1 GΩ  
 10V, 100V, 600V 10 MΩ

Accuracy Values given are in ±(% of reading [rdg.] + % of full scale [f.s.]):

Range	1 year; % rdg.	23 °C ±2 °C % f.s.	Temp. coefficient 10...21 °C + 25...40 °C
0.1V	0.005	0.0006	0.0008
1.0V	0.003	0.0006	0.0008
10.0V	0.003	0.0006	0.0008
100.0V	0.003	0.0006	0.0008
600.0V	0.004	0.0006	0.0008

Integration time: 0.1 s 1...60 s

Display range: 120.000 digit 1,200.000 digit

600V range 60.000 digit 600.000 digit

Resolution: 1 μV 100 nV

Zero point:

Temperature drift better than 0.3 μV/°C

Long-term stability better than 3 μV for 90 days

### AC specifications

Ranges HM8112-3: 0.1V; 1V; 10V; 100V; 600V

Ranges HM8112-3S: 0.1V; 1V; 10V; 100V

Measurement method: true rms, DC or AC coupled  
 (not in 0.1V range)

Input impedance:  
 0.1V, 1V 1 GΩ || <60 pF  
 10...600V 10 MΩ || <60 pF

Response time: 1.5 sec to within 0.1 % of reading

Accuracy: For sine wave signals >5 % of full scale

Values given are in ±(% of reading + % of full scale); 23 °C ±2 °C for 1 year

Range	20Hz...1 kHz	1...10kHz	10...50 kHz	50...100 kHz	100...300 kHz
0.1V	0.1+0.08	5+0.5 (5kHz)			
1.0V	0.08+0.08	0.15+0.08	0.3+0.1	0.8+0.15	7+0.15
10.0V	0.08+0.08	0.1+0.08	0.3+0.1	0.8+0.15	4+0.15
100.0V	0.08+0.08	0.1+0.08	0.3+0.1	0.8+0.15	
600.0V	0.08+0.08	0.1+0.08			

Temperature coefficient 10...21 °C and 25...40 °C; (% rdg. + % f.s.)

at 20 Hz...10 kHz 0.01 + 0.008

at 10...100 kHz 0.08 + 0.01

Crest factor: 7:1 (max. 5x range)

Integration time: 0.1 s 1...60 s

Display range: 120.000 digit 1,200.000 digit

600V range 600.00 digit 600.000 digit

Resolution: 1 μV 100 nV

Overload protection (V/Ω-HI to V/Ω-LO) and to chassis:

Measurement ranges: all

all the time: 850V<sub>peak</sub> or 600V<sub>dc</sub>

Maximum input voltage LOW against chassis/safety earth:

250V<sub>rms</sub> at max. 60 Hz or 250 V<sub>dc</sub>

### Current specifications

Ranges: 100 μA; 1 mA; 10 mA; 100 mA; 1 A

Integration time: 0.1 s 1...60 s

Display ranges: 120.000 digit 1,200.000 digit

1 A range 100.000 digit 1,000.000 digit

Resolution: 1 nA 100 pA

Accuracy: DC 45 Hz...1 kHz 1...5 kHz

(1 year; 23 °C ±2 °C) 0.02 + 0.002 0.1 + 0.08 0.2 + 0.08

Temperature coefficient/°C: 10...21 °C 25...40 °C

(%rdg. + %f.s.) 0.002+ 0.001 0.01+ 0.01

Voltage: <600 mV...1.5V

Response time: 1.5 s to within 0.1 % of reading

Crest factor: 7:1 (max. 5 x range)

Input protection: fuse, FF 1A 250V

### Resistance

Ranges: 100 Ω, 1 kΩ, 10 kΩ, 100 kΩ, 1 MΩ, 10 MΩ

Integration time: 0.1 s 1...60 s

Display ranges: 120.000 digit 1,200.000 digit

Resolution: 1 mΩ 100 μΩ

Accuracy Values given are in ±(% of reading + % of full scale):

Range	1 year;	23 °C ±2 °C	Temp. coefficient/°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

Measurement current:	Range	Current
	100 Ω, 1 kΩ	1 mA
	10 kΩ	100 μA
	100 kΩ	10 μA
	1 MΩ	1 μA
	10 MΩ	100 nA

Max. measurement voltage: approx. 3V

Overload protection: 250V<sub>p</sub>

### Temperature measurement

PT100/PT1,000 (EN60751): 2- and 4-wire measurement

Range -200...+800 °C

Resolution 0.01 °C; measurement current 1 mA

Accuracy ±(0.05 °C + sensor tolerance + 0.08 K)

Temperature coefficient

10...21 °C and 25...40 °C <0.0018 °C/°C

NiCr-Ni (K-type):

Range -270...+1,372 °C

Resolution 0.1 °C

Accuracy ±(0.7 % rdg. + 0.3 K)

NiCr-Ni (J-type):

Range -210...+1,200 °C

Resolution 0.1 °C

Accuracy ±(0.7 % rdg. + 0.3 K)

### Frequency and period specifications

Range: 1 Hz...100 kHz

Resolution: 0.00001...1 Hz

Accuracy: 0.05 % of reading

Measurement time: 1...2 s

### Specification Scanner Card H0112: refer to page 59

### Interface

Interface: Dual-Interface USB/RS-232 (HO820),  
 IEEE-488 (GPIB) (optional)

Functions: Control/Data fetch

Inputs: Function, range, integration time, start  
 command

Outputs: Measurement results, function, range,  
 integration time (10 ms...60 s)

### Miscellaneous

Time to change range or function: approx. 125 ms with DC voltage, DC current,  
 resistance approx. 1 s with AC voltage,  
 AC current

Memory: 30,000 readings/128 kB

Safety class: Safety class I (EN 61010-1)

Power supply: 105...254 V~; 50...60 Hz, CAT II

Power consumption: approx. 8W

Operating temperature: +5...+40 °C

Storage temperature: -20...+70 °C

Rel. humidity: 5...80 % (non condensing)

Dimensions (W x H x D): 285 x 75 x 365 mm

Weight: approx. 3 kg

\*1 max. 1 μV after a warm-up of 1.5 h

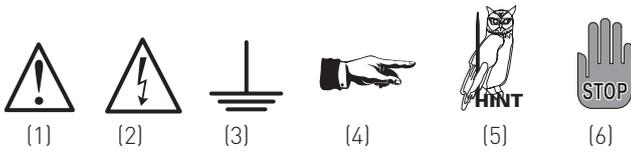
\*\*1 at rel. humidity <60 %

Accessories supplied: Line cord, Operating manual, PVC test lead (HZ15),  
 Interface cable (HZ14), CD

Recommended accessories:

- H0112 Scanner Card (Installation only ex factory) as HM8112-3S
- HO880 Interface IEEE-488 (GPIB), galvanically isolated
- HZ105 5 x silicone test lead (measurement connection in black)
- HZ10R 5 x silicone test lead (measurement connection in red)
- HZ10B 5 x silicone test lead (measurement connection in blue)
- HZ13 Interface cable (USB) 1.8 m
- HZ33 Test cable 50 Ω, BNC/BNC, 0.5 m
- HZ34 Test cable 50 Ω, BNC/BNC, 1.0 m
- HZ42 19" Rackmount kit 2RU
- HZ72 GPIB-Cable 2 m
- HZ887 Temperature probe

## 1 Important hints



### 1.1 Symbols

- Symbol 1: Attention, please consult manual  
 Symbol 2: Danger! High voltage!  
 Symbol 3: Ground connection  
 Symbol 4: Important note  
 Symbol 5: Hints for application  
 Symbol 6: Stop! Possible instrument damage!

### 1.2 Unpacking

Please check for completeness of parts while unpacking. Also check for any mechanical damage or loose parts. In case of transport damage inform the supplier immediately and do not operate the instrument.

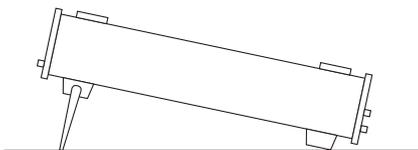
### 1.3 Positioning

Two positions are possible: According to picture 1 the front feet are used to lift the instrument so its front points slightly upward. (Appr. 10 degrees)

If the feet are not used (picture 2) the instrument can be combined with many other HAMEG instruments.

In case several instruments are stacked (picture 3) the feet rest in the recesses of the instrument below so the instruments can not be inadvertently moved. Please do not stack more than 3 instruments. A higher stack will become unstable, also heat dissipation may be impaired.

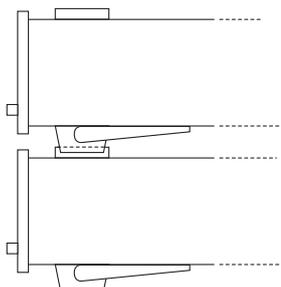
picture 1



picture 2



picture 3



### 1.4 Transport

Please keep the carton in case the instrument may require later shipment for repair. Losses and damages during transport as a result of improper packaging are excluded from warranty!

### 1.5 Storage

Dry indoor storage is required. After exposure to extreme temperatures, wait 2 hrs before turning the instrument on.

### 1.6 Safety instructions

The instrument conforms to VDE 0411/1 safety standards applicable to measuring instruments and it left the factory in proper condition according to this standard. Hence it conforms also to the European standard EN 61010-1 resp. to the international standard IEC 61010-1. Please observe all warnings in this manual in order to preserve safety and guarantee operation without any danger to the operator. According to safety class 1 requirements all parts of the housing and the chassis are connected to the safety ground terminal of the power connector. For safety reasons the instrument must only be operated from 3 terminal power connectors or via isolation transformers. In case of doubt the power connector should be checked according to DIN VDE 0100/610.



**Do not disconnect the safety ground either inside or outside of the instrument!**

- The line voltage of the instrument must correspond to the line voltage used.
- Opening of the instrument is only allowed to qualified personnel
- Prior to opening, the instrument must be disconnected from the line voltage and all other inputs/outputs.

In any of the following cases the instrument must be taken out of service and locked away from unauthorized use:

- Visible damage
- Damage to the power cord
- Damage to the fuse holder
- Loose parts
- No operation
- After long term storage in an inappropriate environment, e.g. open air or high humidity.
- Excessive transport stress

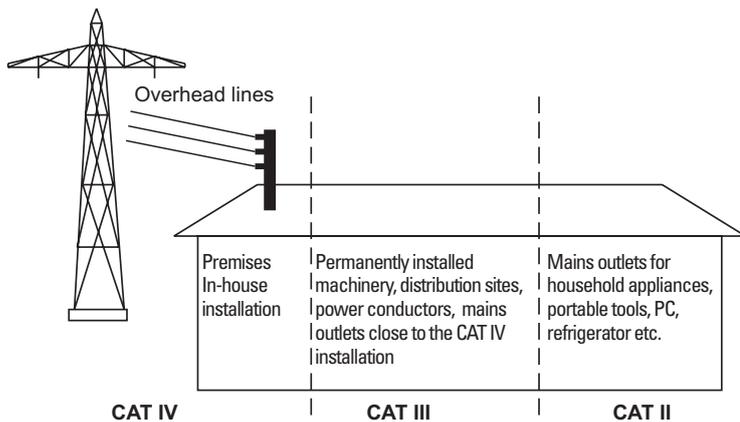
### 1.7 CAT II

The following remarks concern only the safety of the user. Other aspects e.g. the maximum input voltage etc. are covered in the specifications section of this manual and are to be observed as well.

Measurements in circuits which are indirectly connected with the mains supply are possible with adequate converters (e.g. clamp-on ammeters) which fulfil at least the requirements of the safety class of the measurement. The measurement category of the converter specified by the manufacturer must be considered.

#### Measurement categories CAT

The measurement categories were created with respect to the different kind of transients incurred in practice. Transients are



short, fast, and fast-rise changes of voltage or current, and may be periodic or non-periodic. The amplitude of transients increases with decreasing distance from their source.

CAT IV: Measurements at the source of a low voltage supply, e.g. at electricity meters.

CAT III: Measurements inside a building, e.g. at distribution sites, power switches, permanently installed mains outlets, permanently mounted motors etc.

CAT II: Measurements in circuits which are directly connected with the low voltage supply, e.g. household appliances, portable tools etc.

CAT I: Electronic instruments and circuits which contain circuit breakers resp. fuses.

### 1.8 Proper operating conditions

Operation in the following environments: industry, business and living quarters, small industry. The instruments are intended for operation in dry, clean environments. They must not be operated in the presence of excessive dust, humidity, nor chemical vapours in case of danger of explosion.

The maximum permissible ambient temperature during operation is +5°C to +40°C. In storage or during transport the temperature limits are: -20°C to +70°C. In case of exposure to low temperature or if condensation is suspected, the instrument must be left to stabilize for at least 2 hrs prior to operation.

In principle the instrument may be used in any position, however sufficient ventilation must be ensured. Operation for extended periods of time requires the horizontal or tilted (handle) position.

Nominal specifications are valid after 30 minutes warm-up at 23 deg. C. Specifications without tolerances are typical values taken of average production units.

### 1.9 Warranty and Repair

HAMEG instruments are subjected to a rigorous quality control. Prior to shipment each instrument will be burnt in for 10 hours. Intermittent operation will produce nearly all early failures. After burn in, a final functional and quality test is performed to check all operating modes and fulfilment of specifications. The latter is performed with test equipment traceable to national measurement standards.

Statutory warranty regulations apply in the country where the HAMEG product was purchased. In case of complaints please contact the dealer who supplied your HAMEG product.

### Only valid in EU countries

In order to speed reclamations customers in EU countries may also contact HAMEG directly. Also, after the warranty expired, the HAMEG service will be at your disposal for any repairs.

### Return material authorization (RMA):

Prior to returning an instrument to HAMEG ask for a RMA number either by internet (<http://www.hameg.com>) or fax. If you do not have an original shipping carton, you may obtain one by calling the HAMEG service dept (+49 (0) 6182 800 500) or by sending an email to [service@hameg.com](mailto:service@hameg.com).

### 1.10 Maintenance

 **Before cleaning please make sure the instrument is switched off and disconnected from all power supplies.**

Clean the outer case using a dust brush or a soft, lint-free dust cloth at regular intervals.

 **No part of the instrument should be cleaned by the use of cleaning agents (as f.e. alcohol) as they may adversely affect the labeling, the plastic or lacquered surfaces.**

The display can be cleaned using water or a glass cleaner (but not with alcohol or other cleaning agents). Thereafter wipe the surfaces with a dry cloth. No fluid may enter the instrument. Do not use other cleaning agents as they may adversely affect the labels, plastic or lacquered surfaces.

### 1.11 Mains voltage

A main voltage of 115V and 230V can be chosen. Please check whether the mains voltage used corresponds with the voltage indicated by the mains voltage selector on the rear panel. If not, the voltage has to be changed.

### 1.12 Line fuse

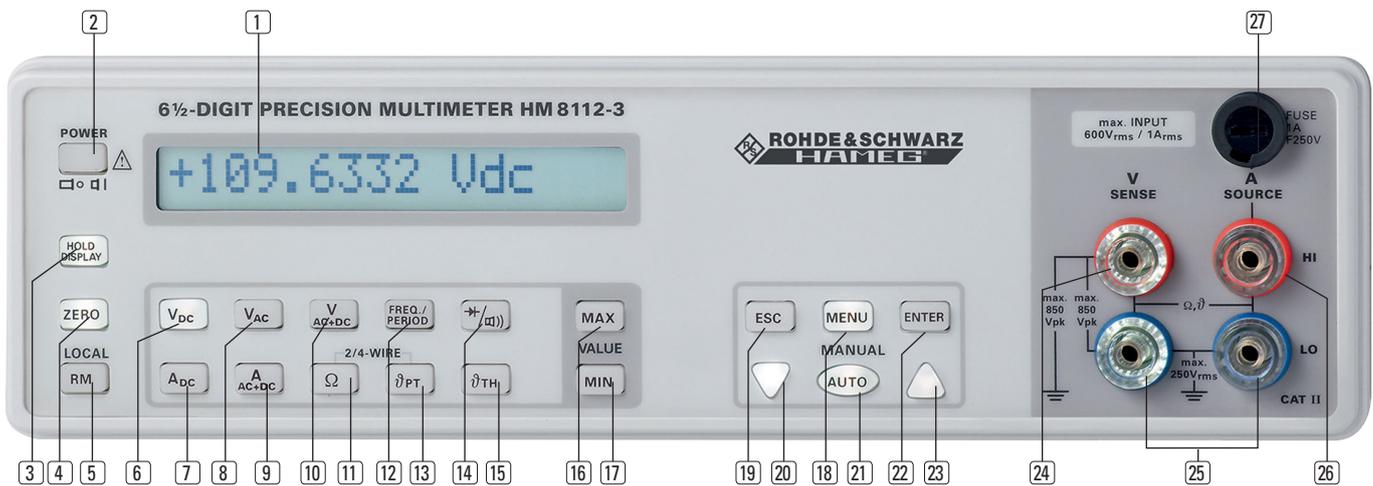
The instrument has 2 internal line fuses: T 0.2A. In case of a blown fuse the instrument has to be sent in for repair. A change of the line fuse by the customer is not permitted.



### 1.13 Power switch

Normally the power switch on the rear panel of the instrument should be stay in "ON" position. If using the Standby-button on the front panel, only the controls and the display are turned off. The instrument itselfs stays turned on as long as it is connected to the supply voltage. This has the advantage that the instrument is immediately functional after turn-on. Also the reference voltage source will remain energized, so any drift after turn-on will be eliminated, also its long term drift will be substantially improved. To switch-off the instrument completely, the power switch on the back panel has to be operated.

**If the instrument is left unattended for some time, the power switch on the rear panel has to be operated. (Because of safety reasons!)**



## 2 Control elements

- 1 **DISPLAY** – 16 digit display
- 2 **POWER** – Stand by / ON
- 3 **HOLD DISPLAY** – storage of the displayed value
- 4 **ZERO** – 0-compensation of the measuring section
- 5 **RM/LOCAL**-pushbutton – Return to manual mode
- 6 **VDC** – Measurement of DC voltage
- 7 **ADC** – Measurement of DC current
- 8 **VAC** – Measurement of AC voltage with AC coupling
- 9 **AAC** – Measurement of AC current
- 10 **VAC+DC** – Measurement of AC voltage with DC coupling
- 11 **Ω** – Measurement of resistance, 2- and 4-wire
- 12 **FREQ./PERIOD** – Frequency and period measurement with  $V_{AC}$
- 13 **δPT** – Measurement of temperature using a PT-sensor, 2- and 4-wire
- 14 **\*/||** – Diode test / Continuity test
- 15 **δTH** – Measurement of temperature using a thermocouple, 2-wire
- 16 **MAX** – max. value during a test series

- 17 **MIN** – min. value during a test series
- 18 **MENU** – Call of the menu, acceptance of values entered
- 19 **ESC** – Leaving the menu without acceptance of the values entered
- 20 **▽** – down: Switching to a higher range and scrolling down the menu
- 21 **AUTO** – Activation/Deactivation of the auto range function
- 22 **ENTER** – Special function: Parameter selection in the logger menu
- 23 **△** – up: Switching to a lower range and scrolling up the menu
- 24 **V SENSE** – Input for measurements of voltage, frequency, resistance, temperature
- 25 **LO** – Ground connection for inputs 24 and 26
- 26 **A SOURCE** – Input for current measurement
- 27 **FUSE** – 1 A / 250 V (FF) Measuring circuit fuse

### Rear panel

- 28 **Power receptacle** with power switch
- 29 **USB/RS-232 Interface**  
Option: H0880 IEEE-488 (GPIB); installed Scanner Card in the HM8112-3
- 30 **Voltage selector** (115 V / 230 V)



### 3 Measurement Principles and Basics

#### What does „measure“ mean:

The reproducible comparison of an unknown with a known reference and the display of the result as a multiple of the unit of the reference.

#### 3.1 Display of measuring ranges

There are various methods to describe the display of a multimeter. The simplest one consists of just specifying the number of available digits. The measuring range of a Digital Multimeter, in short DMM, thus indicates how many steps the display can show. Some examples will be the best method to describe the definition of the range of display.

A 6-digit, a 6½-digit and a 6¾-digit DMM will be used for the explanation.

	6-digit DMM	6½-digit DMM	6¾-digit DMM
Range of the display:	000000 to 999999	0000000 to 1999999	0000000 to 3999999
Available number of digits:	1.000.000 digit	2.000.000 digit	4.000.000 digit

The „6“ indicates the number of digits which are always shown in the display. The fraction ½ resp. ¾ indicates at which number in the highest digit the range will be switched to the next (change of decades). The switchover to the next higher range will cause a loss of one digit in the display, hence also the resolution will be reduced by one digit.

In the following an example will be given for the switching of the number of digits of the display when the range is switched.:

Measuring result 1:	10 V	10 V	10 V
Display 1:	10,000	10,00000	10,00000
Measuring result 2:	20 V	20 V	20 V
Display 2:	20,000	20,0000	20,00000
			Change of decades
Measuring result 3:	39,99999 V	39,99999 V	39,99999 V
Display 3:	39,999	39,9999	39,99999
Measuring result 4:	40 V	40 V	40 V
Display 4:	40,000	40,0000	40,00000
			Change of decades



The display of the measurement range of 6½ digits is only possible at a measuring time of 60s.

#### 3.2 Overranging

In the previous example our 6½ – digit DMM had a range of the display of 2,000,000 digits. The switching of decades took place when in the first digit the number 1 changed to 2. Another 6½ – digit DMM may have a range of display of 1,250,001 digits. Here, the switching of decades also happens in the highest digit, but whenever the 3rd digit changes from 5 to 6.

	6½-digits DMM1	6½-digits DMM2
Display range:	0000000 to 1999999	0000000 to 1250000
Measuring points:	2.000.000 digit	1.250.001 digit

Measuring result 1:	10 V	10 V
Display 1:	10,00000	10,00000
Measuring result 2:	12,50000 V	12,50000 V
Display 2:	12,50000	12,50000
Measuring result 3:	12,60000 V	12,60000 V
Display 3:	12,60000	12,60000
		Change of decades

DMM no. 1 with 2,000,000 digits is able to display up to 1,999,999, the DMM no. 2 with 1,250,001 digits can only display up to 1,250,000. DMM no. 1 is hence specified with an „overrange of 100 %“. In contrast DMM no. 2 has an overrange of 25 %. If DMM no. 2 had a range of display of 1,400,000 digits, it would have an overrange of 40 %.



The measuring range of a DMM thus is given by the full range minus overrange.

Example: 6½-digit DMM with 1,250,001 digits:

Full range:	12,50000 V
- Overrange:	2,50000 V
Measurement range:	10,00000 V

#### 3.3 Resolution of a measuring range

The resolution of a digital measuring instrument is equal to the least significant digit of the display. The digitized measurement value is hence quantized. In contrast to this, the resolution of an analog measuring instrument is given by the smallest change discernible by the viewer. With analog measurement each measurement value corresponds to a unique display.



The resolution of a DMM depends on the number of available digits and is the reciprocal value of the number of digits (without the overrange).

Example: 6½-digit DMM with 1.200.000 digit

The overrange amounts to 200,000 digits, hence the resolution follows:

$$\frac{1}{1.200.000 - 200.000} = 0,000001$$

this is equivalent to 0.0001 % of full range.

A DMM has a resolution of 0.1 V in the 100 V range. If a voltage of 100.05 V is to be measured, the DMM can display either 100.0 V or 100.1 V (disregarding all other measurement uncertainties). The DMM can never measure more accurately than the resolution allows which is here 0.1 %.

#### 3.4 Measurement accuracy

The measurement accuracy of a digital measuring instrument is by its nature principally limited by its resolution. The theoretical maximum accuracy of a measurement and also the least significant display digit are defined by the smallest quantizing step (LSB = least significant bit) of the analog/digital converter.

The following factors influence the accuracy of a DMM:

- Active and passive component tolerances and their temperature dependence
- Stability of the reference voltage of the DMM
- Properties of the a/d converter

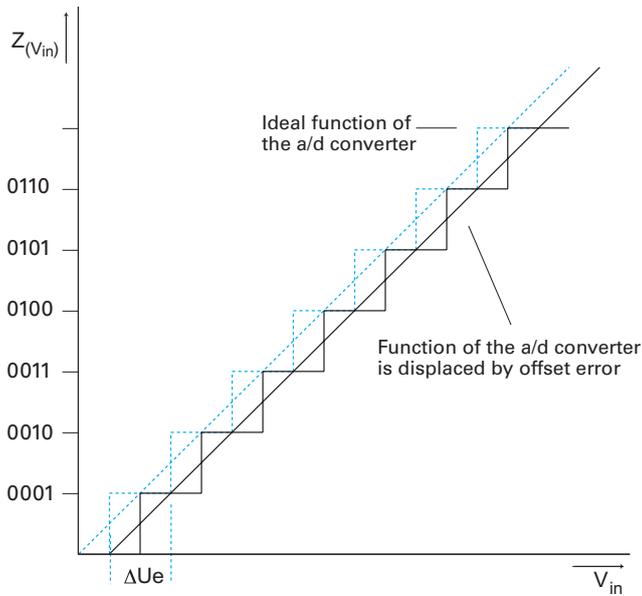


Fig. 1: A/D converter offset error

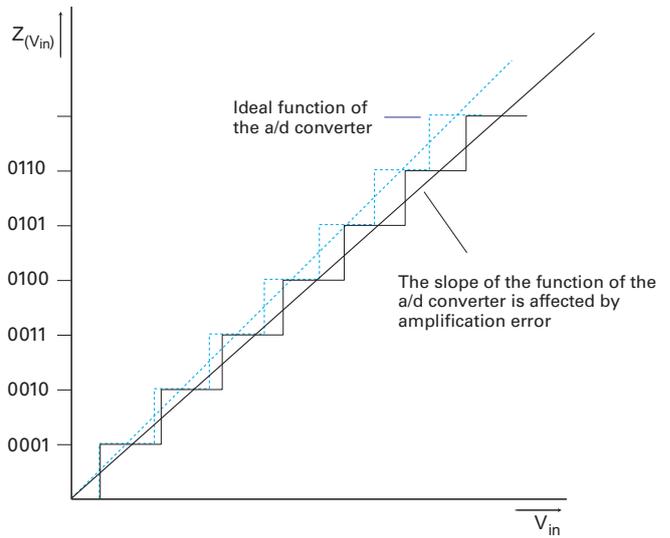


Fig. 2: A/D converter amplification error

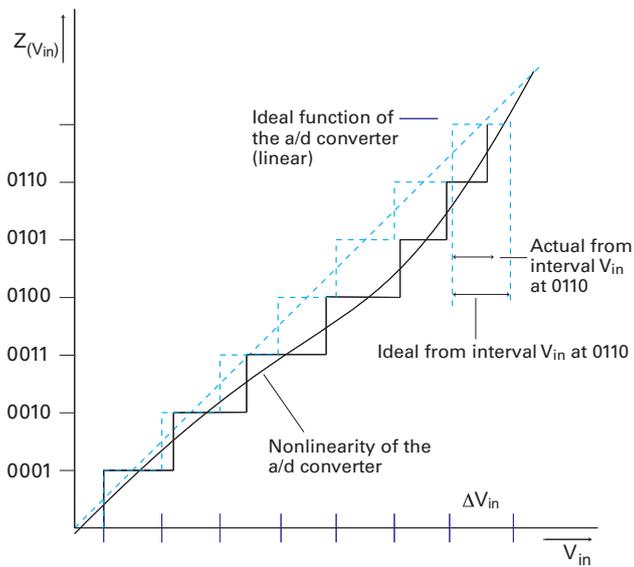


Fig. 3: A/D converter differential nonlinearity

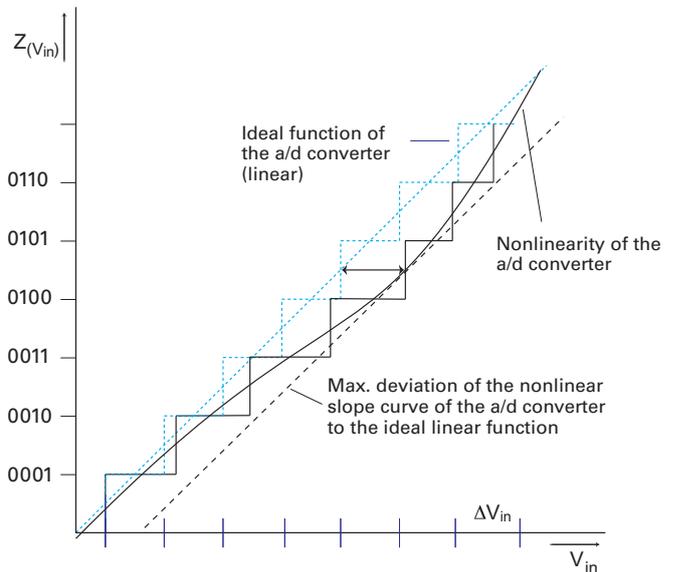


Fig. 4: A/D converter integral nonlinearity

**Offset errors of the A/D converter**

The input amplifier of the DMM is not properly adjusted and shows an offset. This offset causes an offset error in the a/d conversion. (Fig. 1)

**Slope error (amplification factor error) of the A/D converter**  
 The input amplifier's amplification factor is temperature-dependent, or the amplification factor was maladjusted. Hence the slope of the function differs from the ideal value. (Fig. 2).

**Differential nonlinearity of the A/D converter**

The quantizing steps of the a/d converter are unequal in size and differ from the ideal theoretical value. The differential nonlinearity indicates how much each voltage interval (actual) differs from the ideal voltage interval (ideal, 1 LSB)  $\Delta V_{in}$  (Fig. 3) when the analog voltage  $V_{in}$  is being converted.

Differential linearity error =  $k \times \Delta V_{in}$ ;  
 $k$ = factor, describing the relationship  $\Delta V_{in}$  (actual) to  $\Delta V_{in}$  (ideal)

**Linearity error (integral nonlinearity) of the A/D converter**

Due to the individual differential linearity errors and their sum a maximum error between the ideal conversion characteristic and the actual one will accrue. The linearity error specifies the maximum distance between the two functions (Fig. 4).

**A/D conversion methods**

In the following, the Single Slope, the Dual Slope and the Multiple Slope methods will be described. These sawtooth converters are based on the same principle: conversion of the input voltage into a proportional time span.

### 3.5 Single-Slope A/D conversion

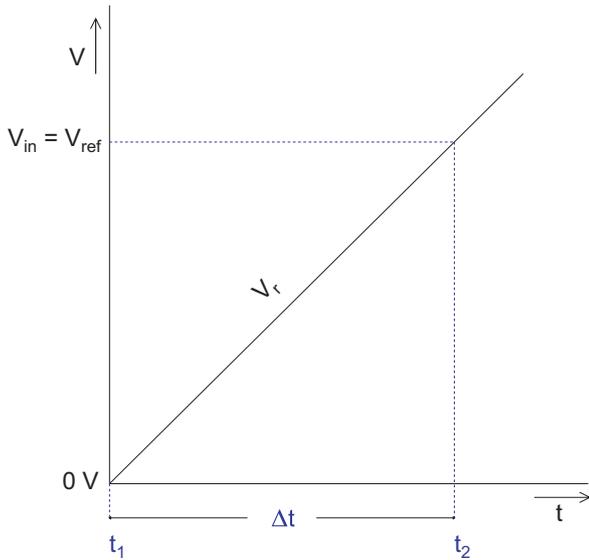


Fig. 5: Single-Slope

The simplest method is the single slope conversion. A sawtooth is generated by integrating a reference voltage  $V_{ref}$ . There are two comparators, one compares the ramp with 0 V, the second with the unknown input voltage  $V_{in}$ . As soon as the ramp crosses 0 V, a counter is started which is stopped when the second comparator switches at  $V_{in}$ . The accumulated count is proportional to the input voltage  $V_{in}$ . The disadvantage is the limited accuracy as it is directly affected by R and C of the integrator.

### 3.6 Dual-Slope A/D conversion

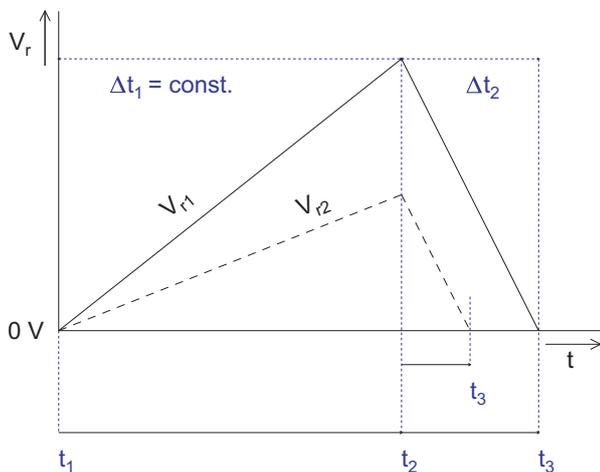


Fig. 6: Dual-Slope principle

With the dual slope method the accuracy is not dependent on R and C of the integrator, both and the counter frequency must only be constant during a complete conversion cycle. The measurement starts at time  $t_1$ : a counter is started while the input voltage  $V_{in}$  is integrated. The integration stops when the counter reaches its maximum count, the integration time  $\Delta t_1$  is thus constant, the input voltage is disconnected from the integrator. Now the reference voltage  $V_{ref}$  which is of opposite polarity is connected to the integrator. At time  $t_2$  the counter starts to count again. The ramp changes its polarity and runs towards 0V. The counter stops at  $t_3$  when the ramp reaches 0V. The time span  $\Delta t_2 = t_3 - t_2$  is proportional to the input voltage. If the input voltage was high, a higher ramp potential will result at the end of  $\Delta t_1$  as if the input voltage was small. A small

input voltage will yield a lower slope and a lower ramp voltage (see  $V_{r2}$ ). As the reference voltage which is connected to the integrator at  $t_2$  is constant, the downward slope is constant, hence the time for discharging the integration capacitor differs. It takes more time to discharge the higher ramp voltage  $V_{r1}$  than for discharging the smaller ramp voltage  $V_{r2}$ . The input voltage  $V_{in}$  can thus be determined from the respective discharge time span  $\Delta t_2 = t_3 - t_2$  and the constant reference voltage.

#### Advantages:

The accuracy is no longer dependent on the accuracy of the RC of the integrator, nor on the counter frequency. all 3 must only be constant during a complete cycle  $\Delta t_1 + \Delta t_2$ . If their values change over time, this will only affect the slopes of both ramps.

If the slope of the upward ramp becomes higher, a higher ramp voltage  $V_r$  will be reached. But the downward slope will also be steeper such that the ramp will cross 0 V at the same point in time  $t_3$  as before.

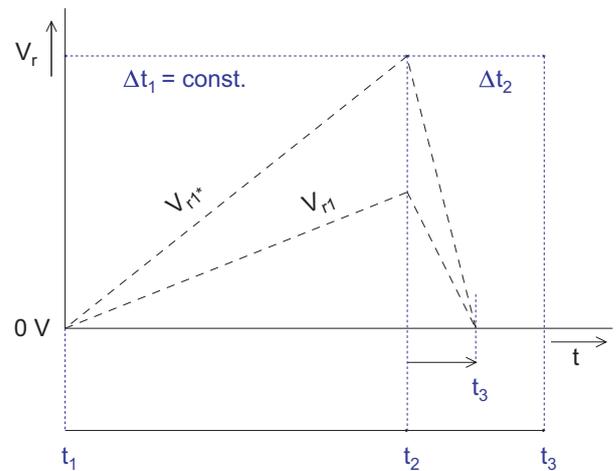


Fig. 7: Dual Slope: Change of time constant by component drift

As this type of converter does not measure the instantaneous value of the input voltage but its average during the upintegration time  $\Delta t_1$ , high frequency ac voltages are attenuated. If the frequency of the superimposed ac voltage is equal to  $1/\Delta t_1$  or a multiple thereof, this frequency will be completely suppressed. If  $\Delta t_1$  is made equal to the line frequency or multiples thereof, hum interference will be rejected.

### 3.7 Multi-Slope A/D conversion

The Multiple Slope method is based on the Dual Slope method. Several measurements are performed with the Dual Slope method, their results are averaged. This calculated value will

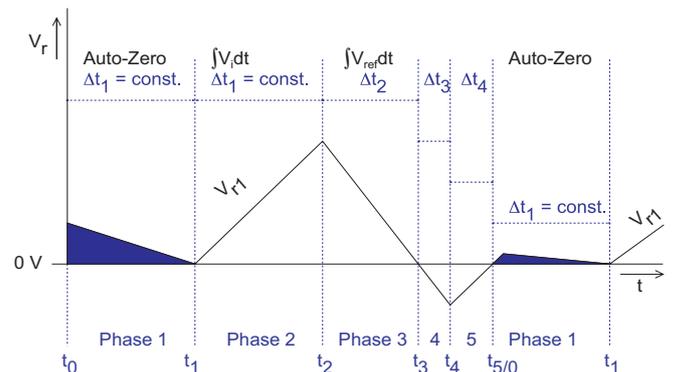


Fig. 8: Multi-Slope

then be displayed. The number of measurements for averaging decides how well interference will be suppressed. Because the input voltage is continuously being integrated upwards and then the reference voltage downwards, three further steps are necessary. In the following the individual steps for converting one measurement value are described. For averaging a number of measurement results is required.

**Phase 1: Autozero – constant time span  $\Delta t_1$**

The duration of the autozero phase is, in general, identical to the integration time of the input voltage  $V_{in}$ . This is to ensure that all errors to be expected will be caught. The errors caused by the offsets of the comparators and the integrator will be compensated by adding a definite offset (which is mostly stored on a separate capacitor).

Phase 2: Integration of the input voltage  $V_{in}$   
Constant time span  $\Delta t_1$ .

**Phase 3: Integration of the reference voltage  $V_{ref}$**

$\Delta t_2$  depends on the amplitude of the ramp voltage  $V_r$  at time  $t_2$ . The duration of this time span must be measured with great accuracy, because the digital value of the input voltage will be determined from this time span.

**Phase 4: Overshoot  $\Delta t_3$**

Due to delays in the integrator and the control signals (e.g. by a microcontroller) an overshoot is generated. The integrator capacitor charges in negative direction. This charge is eliminated in phase 5.

**Phase 5: Integrator Output Zero  $\Delta t_4$**

The charge caused by the integrator overshoot will be discharged.

**3.8 Accuracy specifications**

The accuracy specifications of multimeters consist of diverse numbers and units.

**The measurement deviation is specified as:**

$\pm [xx \% \text{ of measurement} + xx \% \text{ of range}]$  at a temperature of  $xx^\circ\text{C} \pm xx\%$ ; this will apply for a time span of (xx hours, xx days, xx years)

**Example: Measuring range 10 V:**

$\pm [0.004\% \text{ of rdg} + 0.001\% \text{ of f.s.}]$  valid for 24 h at  $23 \pm 1^\circ\text{C}$

**The temperature coefficient specifies the deviation per degree C valid in a specified temperature range.**

**Example: Measuring range 10 V:**

$\pm [0.001\% \text{ of rdg} / ^\circ\text{C}]$  within a temperature range of  $(10 \dots 21^\circ\text{C})$ .

**The long term stability indicates the irreversible drift of the instrument for a given time span. Standard time intervals are: 30 days, 90 days, 1 year, 2 years.**

**Example: Long term stability better than  $3\mu\text{V}$  for 90 days at  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .**

The short term stability indicates how far a measuring instrument is useful for comparative measurements with other measuring instruments. This is valid for a short time span within a limited temperature range.

**Example: Short term stability better than  $0.02 \mu\text{V}$  within 24 h at  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ .**



**To be calculated:**

**The possible total deviation at  $16^\circ\text{C}$  in the 10 V range within a time span of 14 hrs. The measurement result shown is  $6.000000 \text{ V}$ ?**

**Calculation:**

$\pm [0.004\% \text{ of } 6.0 \text{ V} + 0.001\% \text{ of } 10 \text{ V}]$   
for 24h at  $23 \pm 1^\circ$  Result:  $0.00034 \text{ V}$ .

$\pm [0.001\% \text{ of } 6.0 \text{ V} / ^\circ\text{C}] \times \Delta T$   
within a temperature range of  $(10 \dots 21^\circ\text{C})$   
with  $\Delta T = (23 - 1^\circ\text{C}) - 16^\circ\text{C} = 6^\circ\text{C}$  Result:  $0.00036 \text{ V}$

The possible total deviation is equal to the sum and amounts to  $0.00070 \text{ V}$ .

## 4 DC measurements

### 4.1 Input resistance for dc measurements

In order to profit from the high linearity of the conversion method, the input resistance is extremely high for input voltages up to 1V (> 1GΩ). In this range, the instrument still allows precise measurements with a maximum of 1 ppm load error with measuring objects with an internal resistance of 1 kΩ.

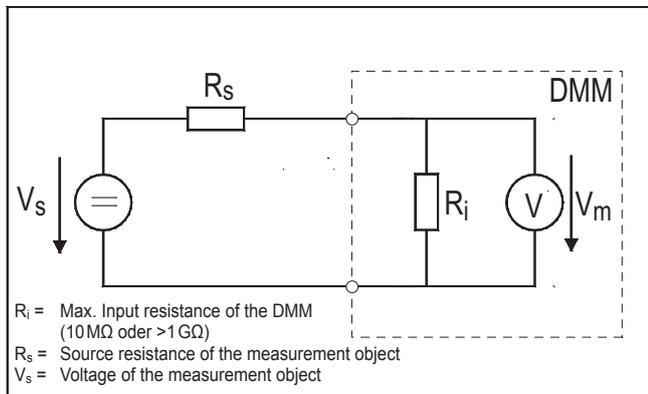


**In the ranges 10 V, 100 V, 1000 V an internal resistance of 100 Ω, with 100,000 digits resolution, will already cause an error of one digit.**

The values of the input resistance and the maximum number of available digits in the various ranges are given in the following table; the maximum number of digits is valid with an integration time of 1 or 10s.

Range	Maximum number of digits	Maximum input resistance	Maximum resolution
100 mV	1 200 000	1 GΩ	100 nV
1 V	1 200 000	1 GΩ	1 μV
10 V	1 200 000	10 MΩ	10 μV
100 V	1 200 000	10 MΩ	100 μV
600 V	600 000	10 MΩ	1 mV

The influence of the source resistance is shown in the following figure.



The error in % of a measurement comes about as follows:

$$\text{Error (\%)} = \frac{100 \times R_s}{R_s + R_i}$$

**Example:**

$R_i \geq 1 \text{ G}\Omega$ ;  $R_s = 10 \text{ k}\Omega$ ,  
 measurement error = 0,001% (10 ppm)



The often used unit ppm for errors can be calculated: error in (%) x 10,000.

### 4.2 Series mode rejection

One of the main advantages of an integrating measuring method is the high series mode rejection of ac components (e.g. interference from the line) which are superimposed on the signal voltage. For frequencies for which the integration time is a multiple of their period theoretically an infinite suppression

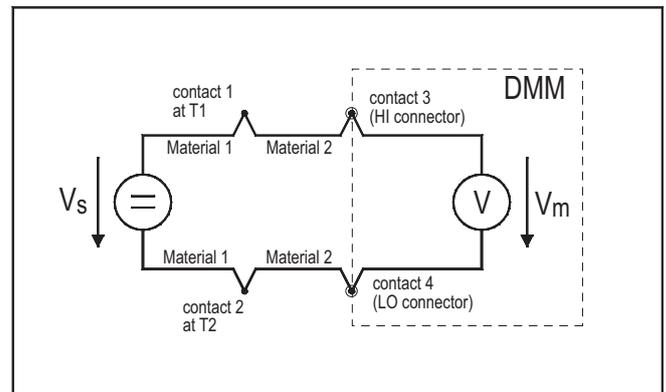
is achieved. Due to the integration the positive and negative portions of the hum from the line will cancel. The interference from the line thus can be almost completely eliminated. The Multifunctionmeter HM8112-3 achieves a series mode rejection of > 100 dB for 50/60 Hz ± 5 %.

### 4.3 Common mode rejection

Common mode rejection is the ability of a measuring instrument to only display the desired difference signal between the „HI“ and „LO“ input terminals while suppressing any signals referenced to to ground common to both input terminals as far as possible. In an ideal system there would be no error; in practice stray capacitances, isolation resistances and ohmic unsymmetries convert part the common mode signal to series mode.

### 4.4 Thermal voltages

One of the most frequent causes of dc measurement errors at low levels are thermoelectric voltages. They are generated at the contact junctions between two different metals which are at the same temperature or differing temperatures. The drawing shows the various points in a measurement circuit which are possible sources of thermoelectric voltages; those may be at an external contact junction (contact 1/2) but also within the terminals of the measuring instrument. Hence it is necessary to make sure that junctions are either made of the same material or at least to use materials which generate only very small thermoelectric voltages when brought in contact.



The table below shows the different thermoelectric voltages für diverse material combinations.

Contact materials	Thermoelectric voltage (appr.)
Cu - Cu	<0,3 μV/°C
Cu - Ag (Silver)	0,4 μV/°C
Cu - Au (Gold)	0,4 μV/°C
Cu - Sn (Tin)	2-4 μV/°C; depending on the composition

If, e.g. the material no. 1 is a silver conductor and the material no. 2 a copper cable, a temperature difference of only 1 degree will generate already a thermoelectric voltage of 400 nV. This would cause a ±40 digit error in the smallest range and 7½ digits resolution (10 nV sensitivity). For 6½ digits of resolution the error would thus amount to ± 4 digits. With the HM8112-3, 6½ digits resolution, the influence of this level of thermoelectric voltage would affect the last digit.



### 4.5 Interference by magnetic fields

If the measuring cables are in the vicinity of ac magnetic fields, a series mode interference signal will be induced. Such a source of interference may be a cable carrying high mains frequency currents or a transformer. Twisted pairs of measuring cables will minimize the pick-up of magnetic interference in the vicinity of a magnetic field. Measuring cables should not float around freely nor should they be moved during a measurement, because this may also cause erroneous measurements. A greater distance to the interfering field or shielding are further means to minimize interference.

## 5 Resistance Measurement

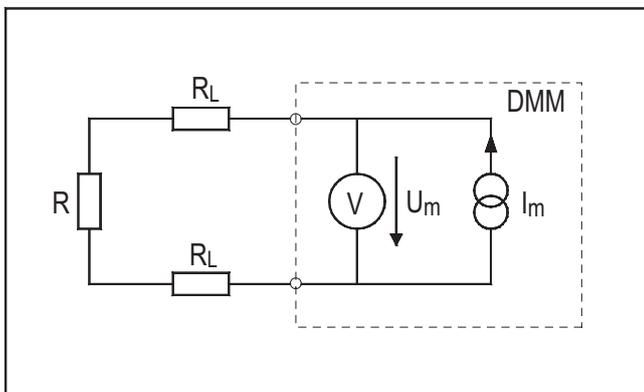
The HM8112-3 measures resistances by injecting currents, 2 and 4 wire circuits are possible. A current from a precision current generator is sent through the resistor R, the voltage drop is measured.

### 5.1 Two-wire resistance measurement

A current from a current generator flows through the DUT and the measuring cables'  $R_L$ . The voltage drop across R is measured. But there is also a small voltage drop across the measuring cables. This is why it is necessary, especially when measuring small resistances ( $< 1\text{ k}\Omega$ ) to carefully compensate for the measuring cables' resistances and thermoelectric voltages by using the offset correction feature. This is performed by connecting both measuring cables to one side of the DUT, i.e. shorting them, then the button ZERO [4] should be pushed.

This eliminates the sources of error like cable resistance, contact resistance, and thermoelectric voltages at the junctions of dissimilar metals.

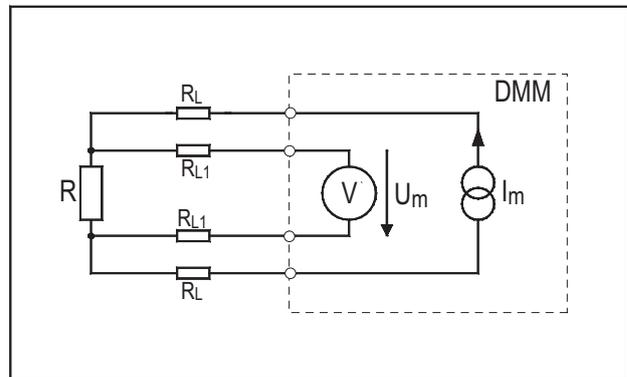
If no offset correction was performed, a value for R will be displayed which consists of the sum of all resistances within the measurement circuit, the result will hence be too high by the amount of cable and other resistances.



In practice, usually cables of 1 m length are used which have a resistance of 10 .. 20 mΩ. If the resistor to be measured is 100 Ω, this will cause an error of 0.04 %. With small resistances, especially in the 100 Ω range, the cable resistance thus becomes remarkable. In these ranges 4-wire measurements are recommended.

### 5.2 Four-wire resistance measurement

In order to prevent the measuring problems caused by the cable resistances, the 4-wire circuit is used for all small resistors. In a 4-wire measurement circuit also a current from a precision current source flows through the resistor R. The voltage drop across R is taken off directly by two more cables and measured, and this voltage drop is strictly proportional to the resistance value only.



The „outer“ connections SOURCE of the 4-wire resistance terminals are the ones which force the measuring current via the cables with their resistances  $R_L$  through the resistor to be measured. The „inner“ measuring cables with their resistances  $R_{L1}$  are connected to the V-SENSE- INPUT of the measuring instrument which has a high input resistance, hence the voltage drop across  $R_{L1}$  is negligible.

**In both the 2-wire and 4-wire circuits shielded cables should be used for the measurement of large resistances ( $> 100\text{ k}\Omega$ ), the screen should be connected to ground in order to prevent interference from other voltage sources (like mains frequency hum).**

**The cables should also have a high insulation resistance (e.g. Teflon insulation), otherwise leakage current problems could arise, caused by the parallel connection of the DUT, R, and the insulation resistance.**

**It is also advantageous to select a longer integration time  $> 1\text{ s}$  in order to suppress interference by the longer integration of the measuring signal.**

### 5.3 Power dissipation of the resistors

A source of error, often overlooked when measuring resistive sensors (e.g. temperatur sensors), is the power dissipation in the resistors to be measured and their ensuing self-heating. Especially with sensors with a high temperature coefficient the measuring result can be adversely affected. The influence of this source of error can be reduced by proper range selection. The following table lists the power dissipation at full scale in the various ranges.

Range	Measuring current	Power dissipation at full scale reading
100 Ω	1 mA	100 μW
1 kΩ	1 mA	1 mW
10 kΩ	100 μA	100 μW
100 kΩ	10 μA	10 μW
1 MΩ	1 μA	1 μW
10 MΩ	100 nA	100 nW

## 6 AC measurement

The multimeter HM8112-3 measures the true rms value of ac voltages with or without the dc component. A recommended measuring set-up consists of a two-conductor shielded cable. The screen should be connected to ground. A simple coaxial cable will provide somewhat less shielding. Please watch out that in the 100 and 600V ranges, at higher frequencies (100V range: > 100 kHz, 600V range: > 10 kHz), the specified maximum Volt x Hertz – product of 10,000,000 VHz is not exceeded.

The voltage x frequency product indicates the maximum permissible frequency of an applied ac voltage. The AC voltage's rms value is meant. Apart from voltage x frequency-product also the designations rms value product and Volts x Hertz-product are customary. The voltage x frequency-product is determined by the input impedance of the measuring instrument and the slew rate of the input amplifier. If the slew rate of the input amplifier is exceeded, its output signal will be distorted, the measurement result will be false. The input capacitance which is in parallel with the input resistance constitutes a low pass and loads the input signal at higher frequencies which also influences the measurement result.



### 6.1 Basics of AC measurements

Abbreviations and symbols used

$V_{(t)}$	instantaneous value
$V^2_{(t)}$	quadratic average
$ V $	rectified value
$V_{rms}$	root-mean-square value
$v$	peak value of voltage
$I_{rms}$	rms value of current
$i$	peak value of current

### 6.2 Arithmetic average value

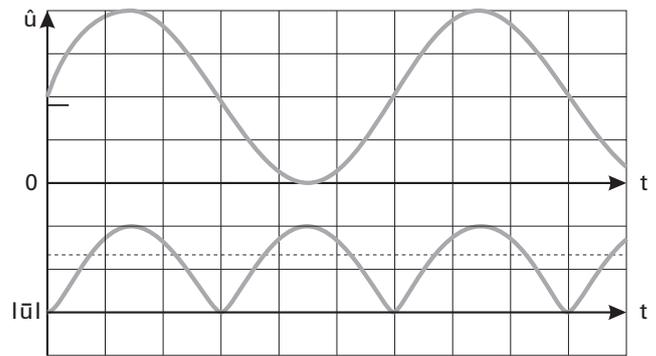
$$\bar{x}_{(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T x_{(t)} \cdot dt$$

The arithmetic average or mean value of a periodic signal is the average of all values of the function which occur during a period T. The mean of a signal is identical to its dc component. If the mean is zero, it is a pure ac signal. For DC, the mean is equal to the instantaneous value. With mixed signals the mean is the dc component.

### 6.3 Rectified value

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

The rectified value is the arithmetic average of the absolute values of the instantaneous values. The absolute values are derived by rectification of the signal. The rectified value is calculated by integration of the absolute values of the voltage or current over a period.



For a sinusoidal signal  $v(t) = v_p \sin \omega t$  the rectified value is equal to  $2/\pi$  (0.637) of the peak value.

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

### 6.4 Root-mean-square value

The quadratic average  $x^2(t)$  of a signal is equal to the average of the signal squared

$$\bar{x}_{(t)^2} = \frac{1}{T} \int_0^T x_{(t)}^2 \cdot dt$$

By taking the root of this the root-mean-square value is obtained  $X_{rms}$ .

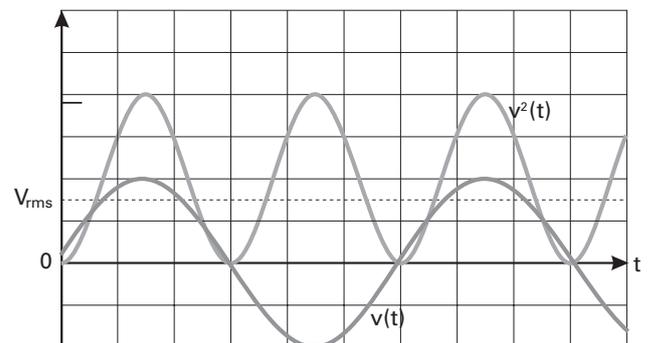
$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x_{(t)}^2 \cdot dt}$$

It is desirable to use the same formulas for the calculation of resistance, power etc. The rms value of an ac signal generates the same effect as a DC signal of the same value (with purely resistive loads).

**Example:**

An incandescent bulb on ac 230V<sub>rms</sub> consumes the same energy and is as bright as the same bulb on DC. For a sinusoidal voltage  $v(t) = v_p \sin \omega t$  the rms value is  $1/\sqrt{2} = 0.707$  of the peak value.

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



### 6.5 Form factor

The form factor multiplied by the rectified value equals the rms value. The form factor is derived by:

$$F = \frac{V_{rms}}{|\bar{u}|} = \frac{\text{rms value}}{\text{rectified value}}$$



For a sine wave the form factor is:

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

### 6.6 Crest factor

The crest factor is derived by dividing the peak value by the rms value of a signal. It is very important for the correct measurement of pulse signals and a vital specification of a measuring instrument.

$$C = \frac{\hat{u}}{V_{rms}} = \frac{\text{peak value}}{\text{rms value}}$$



For sinusoidal signals the crest factor is  $\sqrt{2} = 1.414$



If the maximum permissible crest factor of a measuring instrument is exceeded, the result will be inaccurate because the measuring instrument will be overdriven.

The accuracy of the rms calculation depends on the crest factor, it deteriorates with increasing crest factor. The specification of the maximum crest factor relates to the full scale value (see specifications). If a range is not used up to full scale, the crest factor may be higher (e.g. 230V measured in the 500V range.) See figure form factors.

Form factors	Crest factor C	Form factor F
	$\sqrt{2}$	$\frac{\square}{2\sqrt{2}} = 1,11$
	$\sqrt{2}$	$\frac{\square}{2\sqrt{2}} = 1,11$
	2	$\frac{\square}{2} = 1,57$
	$\sqrt{3}$	$\frac{2}{\sqrt{3}} = 1,15$

### 6.7 DC and AC currents

Current measurements are performed in the HM8112-3 by using precision shunts. The voltage drop across the shunt is measured. Due to the resistance of conductors and cables  $R_L$  a total load voltage  $V_B$  accrues which may lead to false measurement results.

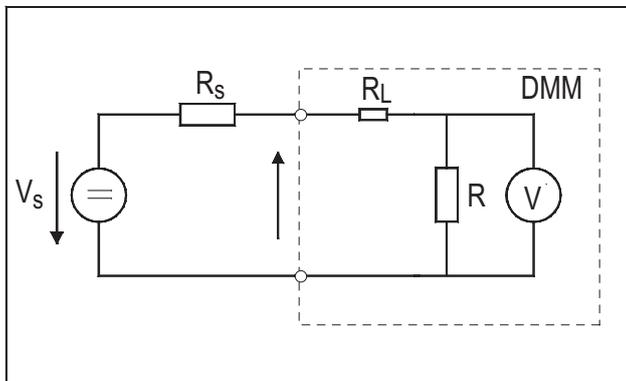


Fig.: Principle of the current measurement using shunts

- $V_S$  = Source voltage
- $R_S$  = resistance of the source
- $V_B$  = Burden voltage
- $R$  = Shunt inside the multimeter
- $R_L$  = Resistance of conductors and cables

The measurement error in % follows from:

$$\text{Error (\%)} = \frac{100 \times V_B}{V_S}$$

## 7 Temperature measurement

In the international SI system of units the Kelvin (K) was defined as the basic unit for temperature measurements. Degree Centigrade (°C) is a lawful unit, derived from the SI units, and internationally accepted. In the USA, temperatures are still mostly given in degrees Fahrenheit (°F).



Absolute temperatures are mostly in degrees Centigrade (°C). Relative temperatures or temperature differences are given in Kelvin (K).

Kelvin (K)	Centigrade (°C)	Fahrenheit (°F)
0 K	-273,15 °C	459,67 °F
255,38 K	-17,77 °C	0 °F
273,15 K	0 °C	32 °F
373,15 K	100 °C	212 °F

#### Conversion table:

- °C to K:  $T_{[K]} = T_{[°C]} + 273,15$
- °K to °C:  $T_{[°C]} = T_{[K]} - 273,15$
- °C to °F:  $T_{[°F]} = 9/5 \times T_{[°C]} + 32$
- °F to °C:  $T_{[°C]} = 5/9 \times (T_{[°F]} - 32)$

#### Abbreviations and symbols:

- $T_{[K]}$  temperature given in [K]
- $T_{[°C]}$  temperature given in degrees Centigrade [°C]
- $T_{[°F]}$  temperature given in degrees Fahrenheit [°F]

### 7.1 Temperature sensors

The temperature sensors used most are the NiCr – Ni thermocouple (K-type) and the platinum sensor PT100. The characteristics of the temperature sensors are defined in the norms only for a limited range. Outside this range there are no reliable values. If the measuring range of the temperature sensors is exceeded, the HM8112-3 hence indicates „Overrange“.

### 7.2 Platinum temperature sensor PT100

The platinum temperature sensor PT 100 is a resistance sensor. Due to the stability of the resistance over time and because it stands up well against aggressive media, platinum is a good resistive material for temperature sensors. A change in temperature causes a change in the resistance. The nominal value  $R_0$  is:

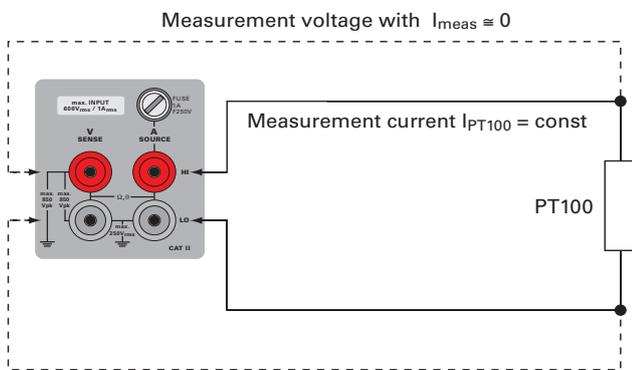
$$R_0 = 100 \Omega \text{ at } T_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

The temperature range for the PT100 extends from  $-200 \text{ }^\circ\text{C}$  bis  $+850 \text{ }^\circ\text{C}$ .

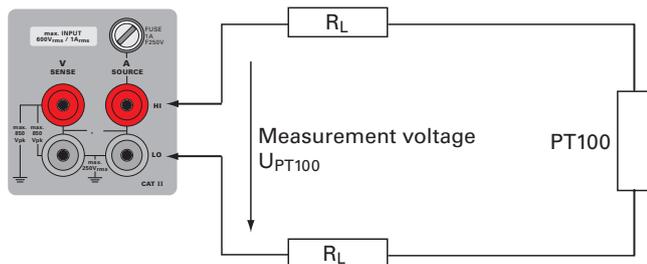


There are more PT resistance sensors like PT10, PT25, PT500, PT1000. The nominal resistance values at  $T_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$  are here: 10, 25, 500 and 1000  $\Omega$  respectively. The types PT10, PT25, PT500 can not be used with the HM8112-3.

### 7.3 Temperature measurement with the PT100 / PT1000



The most used and most accurate method of temperature measurement is in a 4-wire circuit. From the SOURCE (26) terminals of the measuring instrument a constant current flows to the PT100. The change of PT100 resistance depends on the change of temperature at the PT100. A change of temperature also causes a change of the resistance of the connecting cables  $R_L$ . As the measuring voltage is directly taken from the PT100 and applied to SENSE (24), and because the input resistance of the input amplifier is very high, a negligible current will flow in the SENSE cables ( $I_{meas} \text{ appr. } 0$ ). Hence the voltage drop across the SENSE cables caused by the current in them does not (or only to a negligible extent) influence the measurement. Also any change of resistance  $R_L$  in the SENSE cables has hardly any influence. As the measuring voltage is taken from the PT100 at the ends of the SOURCE cables, only the resistance of the PT100 is measured. Any change of resistance of the SOURCE cables has no influence on the measurement.



If utmost accuracy is not required, a 2-wire measurement set-up may suffice. Due to the fact that the measurement point with the PT100 and the measuring instrument are mostly at different temperatures, a temperature change of the cables to the PT100 causes a change of resistance  $R_L$ . This temperature

dependence of the cables, thermoelectric voltages and the voltage drop across the cable resistances influence the PT100 measurement.

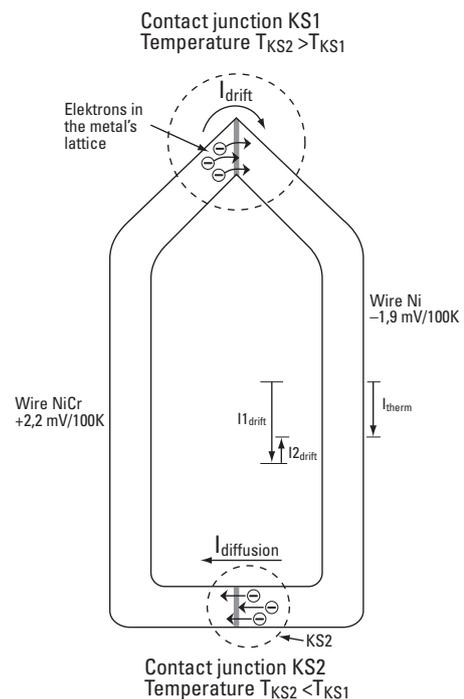
### 7.4 NiCr-Ni thermocouple (K-Type)

The application range of a NiCr – Ni thermocouple of the K type is from  $-270 \text{ }^\circ\text{C}$  bis  $+1,300 \text{ }^\circ\text{C}$ .

As the name implies, the thermocouple delivers a voltage. This temperature-dependent voltage is generated at the contact junction of two dissimilar metals. It is called contact or thermal voltage. Due to the steady thermal movement of the electrons in the metal's lattice; some electrons at the surface can leave the lattice. This requires energy to break loose from the lattice and surmount the bonding forces. If now two metals are joined which have different bonding forces, electrons will leave the metal with the lower bonding forces and flow to the one with the higher bonding forces. If two such junctions are arranged in a circuit, and if both junctions are at different temperatures, a current will flow.

Temperature measurement with the NiCr – Ni thermocouple:

- The NiCr wire and the Ni wire are connected by junctions at both ends.
- The junction 1 (KS1), in our case, is assumed to have the higher temperature with respect to junction 2 (KS2).
- Due to thermal movement at junction 1, electrons will break loose in the NiCr wire from the metal lattice.
- The electrons will flow to the Ni wire and constitute the drift current  $I_{drift}$ .
- The drift current  $I_{drift}$  flows through the junction 2 (KS2) and there constitutes the diffusion current  $I_{diffusion}$ .
- At the junction 2 (KS2), due to the thermal movement, also a drift current  $I_{2drift}$  is generated.
- $I_{2drift}$  opposes the drift current  $I_{1drift}$  at junction 1 (KS1).
- $I_{2drift}$  also causes a diffusion current at junction 1 (KS1).
- The total current  $I_{therm}$  follows from the addition of the currents, observing their polarities:  $I_{therm} = I_{1drift} + I_{2drift}$
- If the temperature at junction 1 (KS1) is lower than that at junction 2 (KS2), the direction of current flow  $I_{therm}$  will reverse.



- If the temperatures at both junctions are identical, the currents  $I_{1\text{drift}}$  and  $I_{2\text{drift}}$  will cancel.



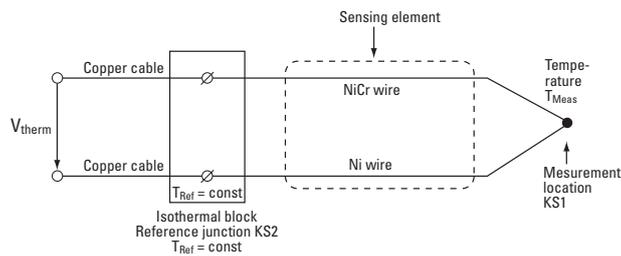
In order to characterize the various metals and their thermoelectric properties, the temperature dependence of the metals with respect to platinum was determined and recorded in the thermoelectric voltage table, which gives the voltage in mV/100 K relative to platinum and for the cold junction at 0 °C.

### Thermoelectric voltage table

Cold junction reference temperature 0 °C

Measuring temperature 100 °C, in [mV/100 K]

Platinum (Pt)	Nickel (Ni)	Copper (Cu)	Iron (Fe)	Ni-Cr (CrNi)
0,0	-1,2 ... -1,94	+0,75	+1,88	+2,2

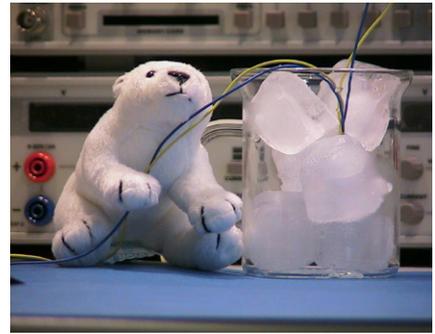


If the junction 2 (KS2) is considered as the reference and kept on a constant temperature, the other junction 1 (KS1) may be used for temperature measurement. The thermal voltage is proportional to the temperature difference between both junctions:

$$I_{\text{therm}} \text{ proportional to } \Delta T = T_{\text{KS1}} - T_{\text{KS2}}$$

(Seebeck effect)

## 7.5 Reference junction



The measurement junction 1 is connected to the measurement system by so-called extension wires which are made of the same materials that form junction 1. As a rule, the signal has to be sent over quite a distance, therefore the extension wires have to be contacted to regular copper wires. These contacts form a pair of junctions which constitute junction 2. In order to guarantee a decent accuracy, those contact terminals are mounted on a so-called isothermal metal block with a temperature sensor; a standard regulation circuit keeps the block on 0 °C.

An early auxiliary method used melting ice to keep the block temperature constant; this works quite well, with a deviation of < 1 mK, until all the ice is gone. In practice, this is quite cumbersome. Who would like to carry a bowl of water and an ice block around? And this only to just check the temperature of an oven in the production line. In order to save the customer from pushing a cart with all the utensils necessary for creating a reference junction including a refrigerator, most measuring instruments feature an internal reference junction. All that is needed is the thermocouple and the appropriate measuring instrument – the HM8112-3. Thermocouples are less expensive than platinum sensors; in industrial applications there are often hundreds which are connected to the measuring instrument via a scanner.

## 8 Concept of the HM8112-3

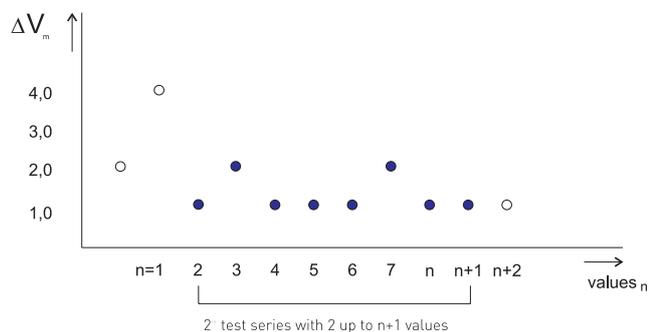
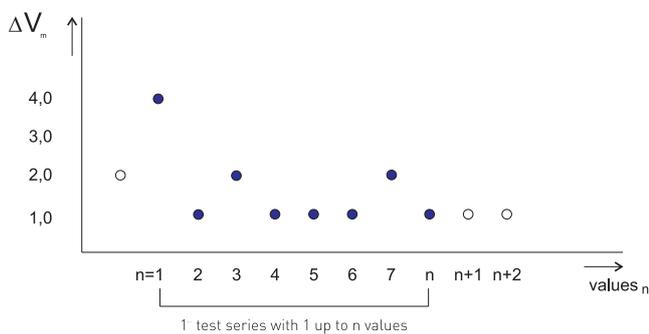
### 8.1 Reference

The integrated AD converter has to be connected to a reference. The characteristics of this reference determine the long term stability of the instrument. The reference of HM8112-3 is therefore a high precision reference device.

### 8.2 Integrated AD converters

Converters applying the multi slope method are used for AD conversion.

### 8.3 Moving average



The value determined by the AD converter could be displayed without prior computations, also the average calculated from  $n$  - values could be shown. First of all 1 to  $n$  values will be logged. Averaging over these values will be done, and subsequently this average will be displayed. After 120 values the next value  $n+1$  will be quantified by the AD converter. The primary measured value 1 will be abolished and a new average will be calculated from the remaining values ( 2 to  $n$ ) and from the new value  $n+1$ . This has the advantage that peaks and interferences will be smoothed.

### 8.4 Measurement of alternating values

#### Frequency, period

Frequency and period are both measured by a pulse-counting circuit. Time base is 1 second. The first falling edge triggers the measurement and starts the counter. For one second every falling edge will trigger a counting pulse. After expiry of this term the measurement circuit will wait for the next zero point. Hence the signal's period is measured. The time will be measured until the next zero point occurs. The measurement result determines the frequency of the signal and the period will

be calculated from the frequency. This combined measurement of the number of zero points and of the period of a signal allows the measurement of very small as well as very high frequencies within a reasonable time. Applying of a DC voltage results in a frequency displayed of 0 Hz.

As the period is calculated from the measured frequency division by zero will be made. Therefore the instrument will display „INF“ if the period of a DC voltage is measured („INF“ = infinity).

#### RMS rectifier

The AC voltage is measured by a high precision RMS rectifier device. This device gauges a DC voltage proportional to the applied AC voltage. This DC voltage is equivalent to the true RMS value of the AC voltage.

#### Measurement of the crest factor

For crest factors exceeding 7 an AC voltage or current measurement will be incorrect due to the true RMS converter.

## 9 Introduction to the operation of the HM8112-3

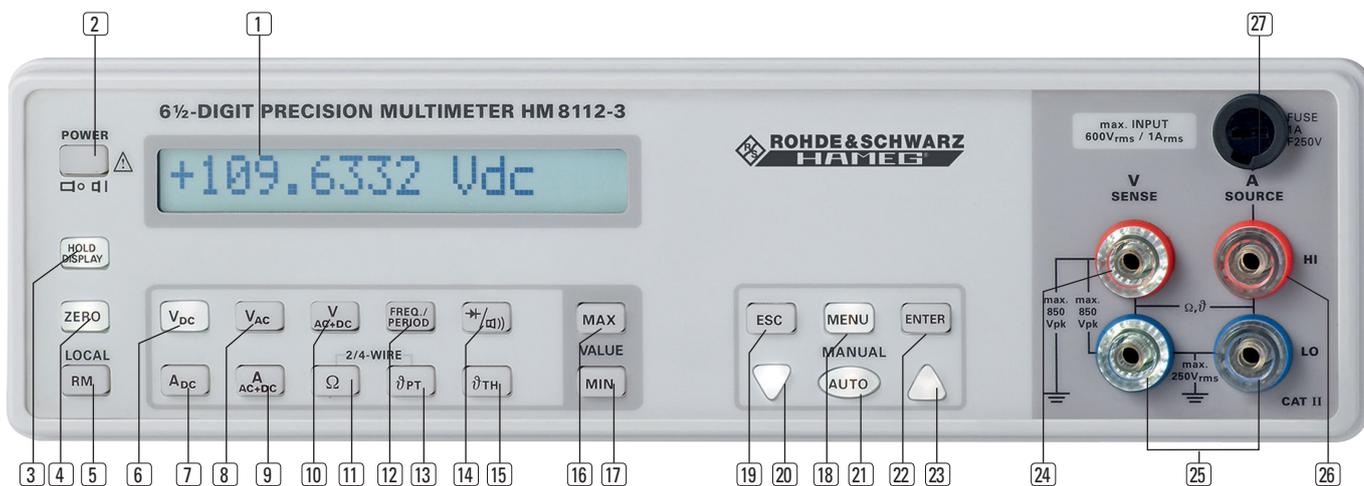
Especially before the first operation please pay attention to the following points:

- The line voltage, indicated on the rear panel of the instrument must correspond to the line voltage used.
- Operation is only allowed from 3 terminal connectors with a safety ground connection or via isolation transformers of class 2.
- No visible damage to the instrument.
- No damage to the line power cord.
- No loose parts in the instrument.

### Factory settings

The following values are set by default:

- |                                      |                   |
|--------------------------------------|-------------------|
| - The measurement range is           | 10V <sub>DC</sub> |
| - The sampling rate amounts to       | 100 ms            |
| - The function „1:Filter“ is         | OFF               |
| - The temperature is displayed in    | °C                |
| - The selected temperature sensor is | PT100             |
| - The data logger is                 | OFF               |
| - The RS-232 interface is            | OFF               |



## 10 Control elements and displays

### 10.1 General functions

#### 1 Display

16 digit display for displaying measurement results, menu selection and menu items.

#### 2 POWER

Button for activating standby-function. The controls and the display are turned off. The instrument itself stays turned on as long as it is connected to the supply voltage. This has the advantage that the instrument is immediately functional after turn-on. Also the reference voltage source will remain energized, so any drift after turn-on will be eliminated, also its long term drift will be substantially improved.

To switch-off the instrument completely, the line switch on the back panel has to be operated.

#### 3 HOLD

"Freezing" of the displayed measured value.

By pressing one of the function selection buttons 6 to 15 or MENU 18 the HOLD function is left.

#### 4 ZERO

Zero for DC voltage, DC current, 4-wire-resistance and 2-wire-resistance measurements. The ZERO function is not provided for AC voltage and AC current measurements. Both cables have to be shorted and the ZERO button has to be pressed. This results in elimination of the resistances of the measurement cables, resistances and thermal voltages at the junction of different metals.

Compensation values remain, even after turn-off the instrument. They have to be redetermined if necessary.

 The ZERO button is deactivated in the measuring functions  $\delta PT$  for PT sensors or  $\delta TH$  for thermocouples.

#### Zero adjustment with temperature measurement

1. With regard to the type of temperature sensor one the following measurement ranges must be chosen:

PT100	$\Omega$ 2 wire / $\Omega$ 4 wire	1 k $\Omega$ range
PT1000	$\Omega$ 2 wire / $\Omega$ 4 wire	10 k $\Omega$ range
Thermocouple	$V_{DC}$	100 mV range

Whether 2-wire- or 4-wire-measurement has to be selected depends on the PT temperature sensor used.

- Short the temperature sensor.
- The ZERO button 4 is to be pressed to compensate for influences within the measurement circuit.
- After compensation jump to the adequate temperature measurement function by pressing ZERO 4

 Some measurement instruments offer an „automatic zero function“. This function regularly interrupts the measurement and shorts the input. Then a partial 0-adjustment is made. The HM8112-3 has no AUTO ZERO function, because the zero adjustment of the complete measurement circuit is very important.

#### 5 LOCAL

By sending a command via interface to the HM8112-3 the instrument is set to the remote mode. Remote control is switched off by pressing button LOCAL. The instrument returns to manual mode and can be operated from the front panel.

### 10.2 Buttons for the various measurement functions

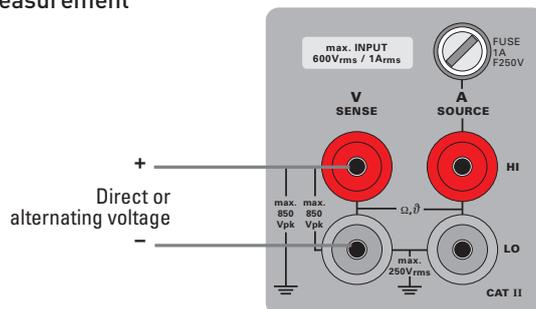
If the measurement function is changed, the HM8112-3 assumes the sampling rate selected, unless a sampling rate between 10 s and 60 s is chosen. Then changing the measuring function will set the sampling rate automatically to 1 s.

The buttons offering more functions are illuminated. Naturally, other measuring functions can be called up by pressing unlighted buttons.

The terminals are illuminated, too, and indicate the terminals to be used with the corresponding functions.

#### Voltage Measurement

##### 6 V<sub>DC</sub>



Direct voltage measurement up to 600 V. No auto range function in 100 mV and 1 V ranges.

**8**  $V_{AC}$

Alternating voltage measurement up to 600 V, true RMS without the DC component. 100mV range is not possible. In AC a capacitor is inserted. The input impedance of the HM8112-3 is  $R_i = 10\text{ M}\Omega$ .

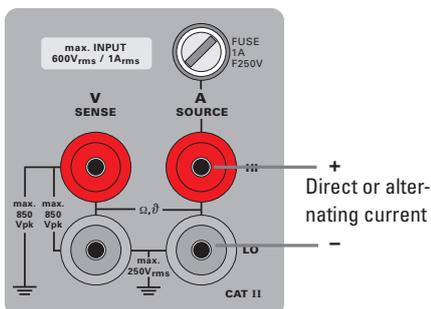
**10**  $V_{AC+DC}$

Alternating voltage measurement up to 600 V, true RMS with DC component. Direct coupling of the circuit to the instrument and using of the same high precision input divider like  $V_{DC}$ . The input impedance of the HM8112-3 is 10 G $\Omega$  in 100 mV range, 10 M $\Omega$  in the other ranges.

**Current measurement**

**7**  $A_{DC}$

Direct current measurement. Auto range function up to and including the range 1 A



**9**  $A_{AC+DC}$

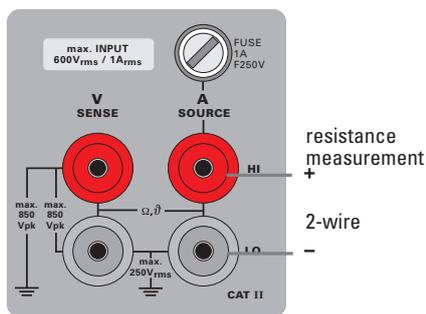
Alternating current measurement, true RMS with DC component. Auto range function over the entire range of 1 A.

**Resistance measurement**

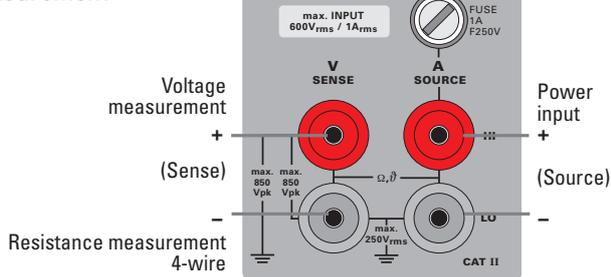
Switching between 2 wire and 4 wire measurement by repeatedly pressing  $\Omega$ -button (11). This is shown in the display by „2w” for 2 wire and by „4w” for 4 wire measurement. Additionally the terminals to be used are illuminated. For exact measurements it is necessary to null any offsets by pressing ZERO (4).

**11**  $\Omega$  2-wire resistance measurement

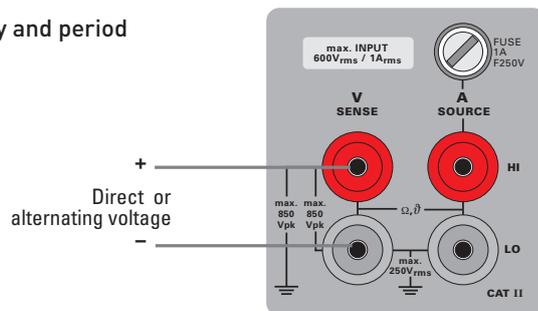
For compensation of the wiring resistance with 2-wire measurements 100 m  $\Omega$  is stored by default. This value can be changed via the interface.



**11**  $\Omega$  4-wire resistance measurement



**Frequency and period**



**12** FREQ./PERIOD

Switching between frequency and period measurement by repeatedly pressing this button. At measurement of DC voltage the display shows "0 Hz" for frequency and "INF" for period measurement (INF = infinity). As the period is calculated from the measured frequency it is a division by zero.

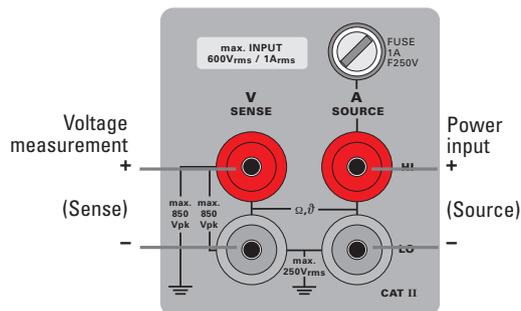
There is no auto range function for frequency and period measurements. That means the range of the  $V_{AC}$  measurement is taken. Is necessary to measure the alternating voltage in  $V_{AC}$  first and afterwards call up the FREQ./PERIOD function.

**Temperature measurement**

Switching between 2-wire and 4-wire measurement by repeatedly pressing  $\delta$ PT-button (13). This is indicated in the display by „2w” for 2-wire and by „4w” for 4-wire measurement. Additionally the terminals to be used are illuminated. For compensation of the wiring resistance at 2-wire measurements 100 m $\Omega$  is stored by default. This value can be changed via interface.

For exact measurements it is necessary to calibrate the measurement section with ZERO (4). This calibration is done for PT sensors by resistance measurement or for thermocouples by voltage measurement but not by temperature measurement (see ZERO (4)).

**13**  $\delta$ PT with 4-wire-temperature measurement



4-wire-temperature measurement with PT100

**Measuring method:**

4 wire resistance measurement with linearisation according to EN60751 for PT100 and PT1000.

**Temperature sensor:**

PT100, PT1000 resistance sensors

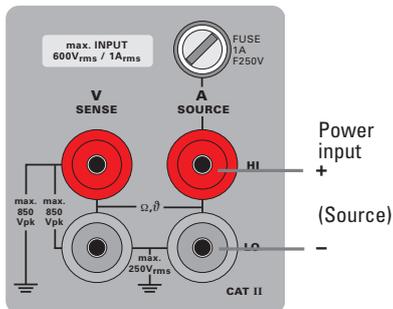
Display range:	Display scale	Resolution
Celsius:	-200 °C to +800 °C	0.01 °C
Fahrenheit:	-328 °F to +1472 °F	0.01 °F
Test current:	PT100	1 mA
	PT1000	100 $\mu$ A
Test voltage (open circuit):	2.5 V	

Measurement

period: 100 ms to 60 s  
 Delay: 100 ms (after change of function or range)  
 Calibration: with resistance measurement standard  
 PT100 1 kΩ range  
 PT1000 10 kΩ range  
 Linearisation: according to EN60751

13 δPT with 2-wire-temperature measurement

Limited accuracy of measured values for 2-wire-temperature measurement with platinum temperature sensors PT100 or PT1000.



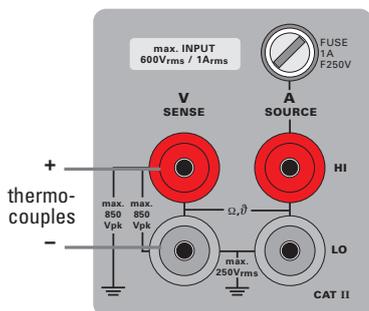
Adjustment of measuring section with PT sensor

PT sensors have an output resistance which is mostly referred in the data sheet. Often the data sheet is lost but the sensor is still there. In HM8112-3 a value of 100 mΩ is stored by default. But some PT sensors have an integrated series resistance (e.g. 10 mΩ). For an optimal adjusted measuring section the exact output resistance must be known. This applies for 4-wire measurement but especially for 2-wire measurements. Via interface the default value stored ex factory can be aligned. Values between 0 mΩ and 100 mΩ are possible.

Determination of the output resistance

The PT100 or PT1000 sensor has to be immersed in an ice bath. At 0 °C the sensor has a resistance of 100Ω and 1000Ω respectively. The resistance of the temperature sensor is taken by a resistance measurement. The output resistance is the difference between the measured value and the specified value.

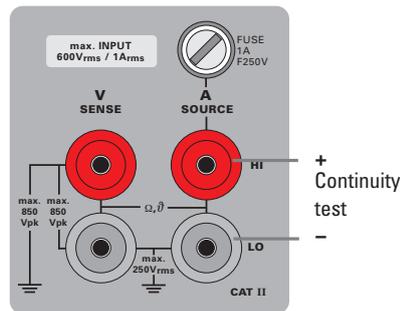
15 δTH temperature measurement with thermocouples



**Measuring method:** Voltage measurement in 100 mV range with linearisation according to EN60584.  
**Display range:** Thermocouples Range up to °C  
 J- Type (Fe-CuNi) -210 to +1200  
 K - Type (NiCr-Ni) -270 to +1372  
 0.1 °C / °F  
**Resolution:**  
**Measurement period:** 100 ms to 60 s  
**Delay:** 100 ms (after change of function)  
**Display:** Dimension °C or °F  
**Linearisation:** according to EN60584

10.3 Continuity test

14  $\rightarrow/\Omega$ ) Continuity and diode test



Continuity test:

Activating of the loudspeaker for measured values between 0 Ω (short-circuit) and approx. 10 Ω.

Diode test:

Test voltage approx. 2.5 V  
 Test current 1 mA constant  
 Max. forward voltage 1.2 V, otherwise "Overflow V<sub>DC</sub>" is displayed.



The test unit must be at zero potential during continuity test.

10.4 Max / Min values

16 MAX / 17 MIN

The maximum or minimum measured value is displayed. As this is possible in every measurement function, a system can be controlled with respect to min/max values. There is no time limitation, e.g. for activating this function for one year, the minimum or maximum value measured during this year will be displayed. This function is deactivated by pushing the keys MAX (16) or MIN (17) again. Changing the measurement function will deactivate this function, too.

10.5 Range selection

Manual range selection

The range can be selected manually by pressing  $\nabla$  (20) and  $\Delta$  (23).

$\nabla$  Switch to a lower range. The auto range function will be deactivated.

$\Delta$  Switch to a higher range. The auto range function will be deactivated.

If the applied measurement value exceeds the range, the display will show „Overflow“.

21 AUTO

With button AUTO the auto range function can be activated. This function is selectable for voltage, current and resistance measurements.

As the autorange function is activated a higher range will be selected after the measured value exceeds 90% of full scale. The HM8112-3 will change to a lower range, if the value falls below 10% of full scale. If the signal applied exceeds the specified limits of the instrument in the autorange function, the display shows "overflow".

The autorange function is to be used with care. For measurements on high impedance source and measurement voltages in the range (90%) of full scale 1 V, changing to a higher range is possible with activated AUTO function. The HM8112-3 has an input impedance of 10 M $\Omega$  in the 10 V range instead of 1 G $\Omega$  in the 1 V range. By loading a high impedance source of several 100 M $\Omega$  with by input impedance of 10 M $\Omega$  the measurement result will be erroneous.



## 10.6 Menu structure / Menu prompting

From every measurement function the menu can be entered by pressing MENU (18). Within the menu, every button which can be used is illuminated. The menu can be always left by pressing ESC (19) without acceptance of entered values.

### Call of the menu by MENU (18).

Choice of menu item with  $\nabla$  (20) and  $\Delta$  (23). The menu item is opened with MENU or branch to the next menu level. Selection of parameters shown with  $\nabla$  and  $\Delta$ . Acceptance of parameters changed with MENU. If the menu is left, the instrument will return to the last measurement function.

### (19) ESC

Leaving the menu. Return to the last measuring function without acceptance of the value entered.

### (20) $\nabla$

Rotating menu prompting. Jump to the next menu item with every key operation. On reaching the last menu item the display continues with the first menu item.

### (23) $\Delta$

Rotating menu prompting. Jump to the previous menu item with every key operation. On reaching the first menu item the display will roll over and continue with the last menu item.

### (22) ENTER

Use this button only in the logger menu „6:Logger.“ Switching to the next buffered value by every key operation or acceptance of an input.



If the scanner card (H0112) is activated, the individual measuring points will select with a push on the ENTER button.

## 10.7 Menu structure and function

The menu will be accessed by pressing MENU (18). It branches to the submenus described below.

### 0:Time

The time intervals between the measurements are adjustable from 0.01 s to 60 s. That means, a reading is taken every 0.01 s or only every 60 s.

The sampling rate can assume the following values:

10 ms	(only via interface)
50 ms	(only via interface)
100 ms	(default setting after switch-on)
500 ms	
1 s	
10 s	
60 s	

That means, for example, that every 500 ms a measurement is taken and the value is updated in the display. After switch-on a

value of 100 ms will be preset. Removal of the line voltage will not save a selected value.

If the measurement function is changed, the HM8112-3 assumes the default sampling rate, unless a sampling rate between 10 s and 60 s is chosen. Then changing the measuring function sets the sampling rate automatically to 1 s.

**Example:** The sampling rate for  $V_{DC}$  is set to 60 s. Then the function  $A_{DC}$  is selected. The instrument will reduce the sampling rate automatically to 1 s. The new sampling rate applies to all functions. If a sampling rate greater than 1 s is needed, it has to be selected after every change of function.



### A sampling rate of 60 s means:

The HM8112-3 integrates the input voltage and the the reference voltage over a period of 60 s. After expiry of this time the value calculated will be displayed by 6½ digits.

### 1:Filter

Selection of the number of values taken for averaging. In case of selection of a number greater than 1, the selected number will be taken for averaging. By calculating a new averaged value, the first measured value will be discarded and the mean value will be computed.

OFF	(default setting after switch-on)
2	
4	
8	
16	

### 2:Temp

In this menu item the dimension for the temperature measurement is selected.

$^{\circ}$ C	Degrees Celsius
$^{\circ}$ F	Degrees Fahrenheit

The dimensions selected last will be saved even if the mains will be turned off.

### 3: Sensor

Here the temperature sensor used is selected.

After switch on of the HM8112-3 and selection of the menu item "3:Sensor", if a measurement function other than temperature measurement was set, PT 100 as temperature sensor is selected by default. If the thermocouple is chosen the HM8112-3 is in measurement function  $\delta TH$  (15).

Also the instrument will return to the measurement function  $\delta PT$  (13) after selection of the PT-sensor. The sensor type selected last will be stored in the instrument even if the main voltage is turned off.

- K-type: thermocouples NiCr-Ni (default setting after switch-on)
- J-type: thermocouples Fe-CuNi
- PT1000: platinum resistance sensor with  $R_0 = 1000 \Omega$
- PT100: platinum resistance sensor with  $R_0 = 100 \Omega$  (default setting after switch-on)

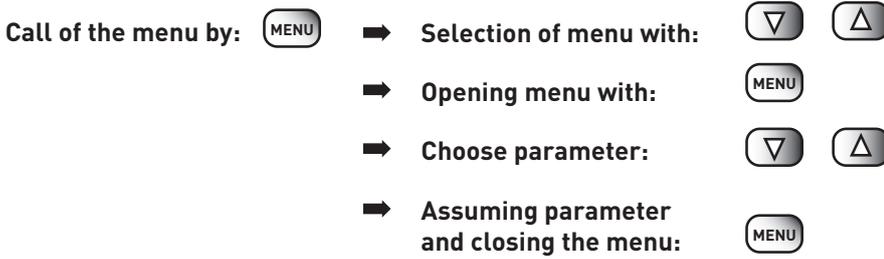
### Comp

For measurements with thermocouples a reference with a known temperature must be defined. This reference temperature is provided to the HM8112-3. Therefore three methods are possible:

#### 1st: Comp Ext/Ice

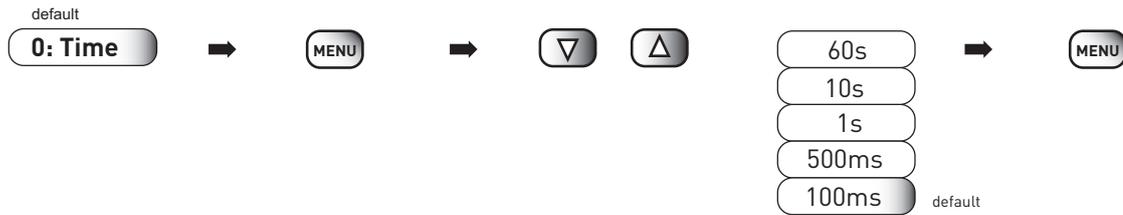
An external temperature test point acts as a reference, e.g. an ice bath or another reference thermocouple with a temperature

Overview of menu structure – part 1

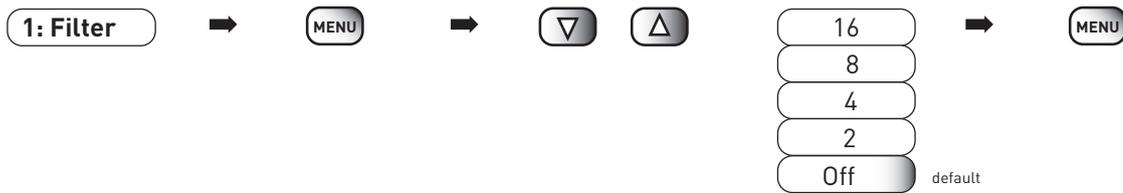


Special function in the  
Logger-Menu  
see next page **ENTE**

Selection of sampling rate



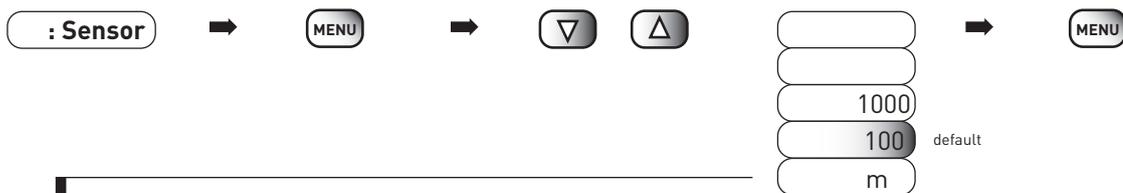
Filter: Number of values for averaging



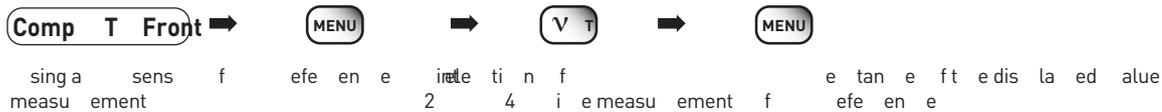
Temperature: Selection of dimension



Choice temperature sensor T100 T100 Fe CuNi NiCr Ni



Fixing the reference for the thermocouple



General information

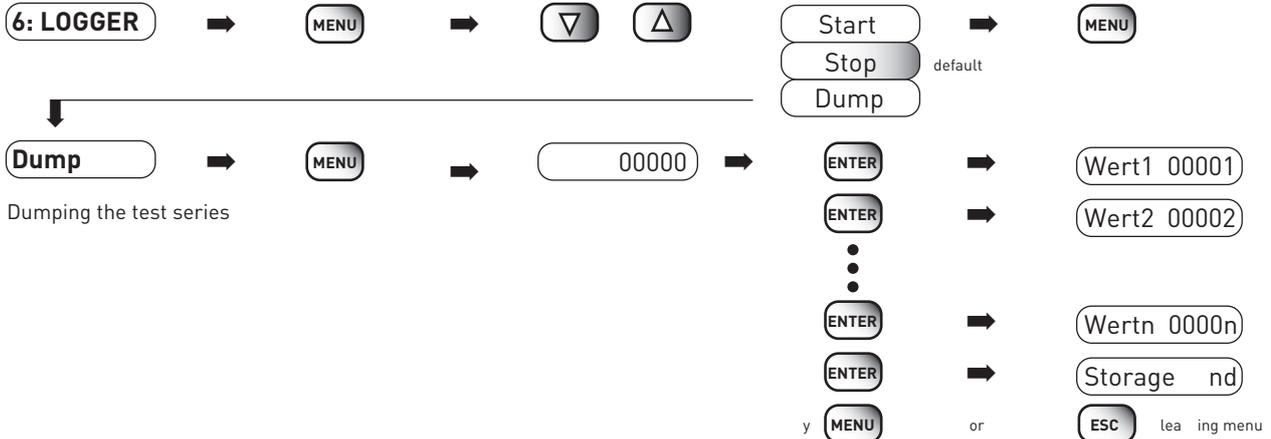


## Overview of menu structure – part 2

## Math-Menu



## Starting / Stopping the data logger, dumping the test series



## Interface: selecting the baud rate



## Calibration

**8: Cal** This area is protected by password

## Scanner, choice of the channel



of 0° C, connected with the closed end to the measuring point, and the reference put into the ice bath. The closed end of the thermocouples can be connected with standard measurement cables to the terminals of the HM8112-3.

**2nd: Comp PT-Front**

The temperature measured with a platinum sensor is the reference for the measurement used with the thermocouples. If several thermocouples will be attached to the HM8112-3 via a scanner, the use of the ice bath would be necessary for each thermocouple. To overcome this, the ambient temperature or even a source with a constant temperature is taken as the reference (e.g. ice bath, heated reference). If "PT-Front" is selected by pressing MENU (18) the function  $\delta$ PT will be activated. Now 2- or 4-wire measurement can be chosen. Then the reference temperature is measured with a platinum sensor and assumed by confirmation with button MENU (18). In case of 2-wire measurement the PT-sensor can stay connected to the thermocouple.

For 4-wire measurement it has to be disconnected and replaced by the connection of the thermocouple.

**3rd: Comp 23° C/ °F**

A temperature of 23° C is specified as reference. For measurements of high temperatures the resulting measurement error can be neglected, unless the open end of the thermocouple is on the level of the ambient temperature. The ambient temperature should be about 23° C.

**4:Info**

In this menu item all instrument information is available:  
 Version: Display of revision number of the software  
 Ser-Nr: Display of the instrument's serial number  
 Cal date: Display of the date of the last calibration.

**5: Mathematics**

Analysis of different characteristics of the measured values

- OFF The menu item 5:Math is off.
- Lo Limit Lower limit.  
If the measured value is smaller than the Lo Limit value an acoustic warning sounds and limit is displayed.
- “Lo  
Hi Limit Higher limit.  
If the measured value is greater than Hi Limit value an acoustic warning occurs and „Hi limit“ is displayed.
- Offset An offset value can be set for all measurement functions [6] to [15]
- Apply the offset value to the terminals.
  - Choose menu item 5:Math.
  - Select submenu „Offset“ by pressing  $\Delta$  [23].
  - Open the submenu with MENU [18], the offset value applied will be displayed.
  - Accept the offset by pressing MENU [18].
  - Return to measurement function, the display shows 0,00....., the dimension and „Os“.
  - Now you can connect the value to be measured. It is compared the calibrated value and the deviation is displayed.

In order to delete the stored offset:

- Choose menu item 5:Math.
  - Select submenu „Off“ by pressing  $\Delta$  [23].
  - Accept by pressing MENU [18], return to measurement function, the measured value is displayed without offset.
- or
- select another measurement function.  
The offset value will not be stored when the measurement function is changed.

### 6:Logger

Analysis of different characteristics of the measured values

- Start The test series is started. According to the selected sampling rate in „0:Time“ every xx second a reading is taken and stored.
- Stop The test series is stopped.
- Dump The test series is shown on the display. Each time button ENTER [22] is pressed the next value of the stored test series is displayed.

### 7:COM

In this menu the baud rate can be chosen. Either 9600 baud or 19200 baud are available. The remaining interface parameters cannot be changed.

#### Interface parameters (adjustable)

- Rs Off The interface is switched off
- Rs19200 19,200 baud
- Rs9600 9,600 baud

#### Interface parameters (not selectable)

- N no parity bit
- 8 8 data bits
- 1 1 stop bit
- Xon-Xoff Xon-Xoff

 **Every transmission of a character takes 1 ms. Selecting a sampling rate of 0.01 sec requires a baud rate of 19 200.**

### 8:Cal

This menu is saved by password. In order to guarantee exact measurements the HM8112-3 is calibrated. Calibration may only be done with adequate precision reference sources. For this purpose the password can be ordered at HAMEG GmbH (Phone.: (+49) 06182-800-500 or via E-Mail: service@hameg.com).

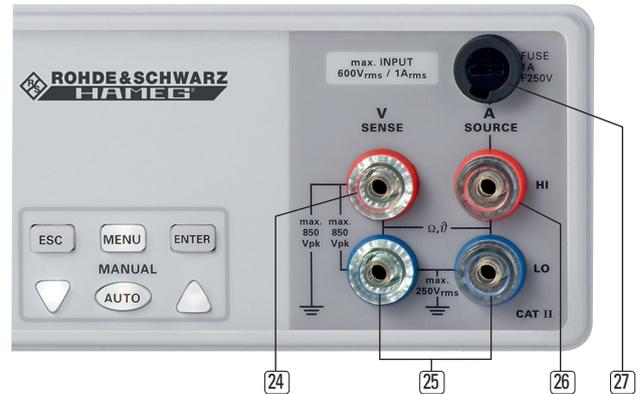
### Attention:

After receiving the password any warranty claims of HAMEG GmbH concerning the compliance with the technical specifications of the instrument become void.

### 9:Mux

For the future implementation of a scanner/test point switch.

## 10.8 Measurement inputs



For connection measurement signals the HM8112-3 features 4 safety connectors on the front panel. Depending on the measurement function chosen, the active terminals will be illuminated.



**The terminals on the front panel are safety connectors and the regulations have to be observed.**



**If connecting dangerous voltages to the input terminals [24] and [26] all relevant safety regulations are to be observed.**

**DC voltage must be floating!**

**AC voltage must be floating by use of a safety isolating transformer.**



### Attention!

**Voltages exceeding one of the following values are regarded potentially dangerous or even lethal:**

- |                 |                        |
|-----------------|------------------------|
| 1 <sup>st</sup> | 30 V <sub>rms</sub>    |
| 2 <sup>nd</sup> | 42.4 V <sub>peak</sub> |
| 3 <sup>rd</sup> | 60 V <sub>DC</sub>     |

**Connecting higher voltages is only allowed by skilled personnel who are familiar with the dangers incurred. The relevant safety regulations are to be strictly observed!**

### [24] V/SENSE (4mm safety sockets)

Connection of measuring cables for:

- voltage measurement
- frequency measurement
- 4 wire resistance measurement (SENSE)
- continuity test
- temperature measurement by a thermocouple
- 4 wire temperature measurement by a P-temperature sensor (SENSE)



**The maximum voltage between HI and LO case (ground) must not exceed 850 V<sub>peak</sub> or 600 V<sub>DC</sub>.**



**The maximum voltage between LO and case (ground) may not exceed 250 V<sub>rms</sub>!**

**26) A/SOURCE (4mm safety socket)**

Connection of measuring cables for:

- current measurement, max. 1 ampere
- 2 wire resistance measurement
- 4 wire resistance measurement (SOURCE)
- 4 wire temperature measurement by a PT-temperature sensor (SOURCE)
- continuity test up to 10  $\Omega$



The maximum current may amount to 1 A<sub>eff</sub>!

**25) LOW (4mm safety connectors)**

Ground connection for inputs **24)** and **26)**. Both connectors are high-impedance DC-isolated.

**27) Fuse in the current measuring circuit**

The shunt is fuse-protected. The fuse (FF) is located in a fuse holder. The measuring circuit is designed for a maximum allowable measurement current of 1 ampere.



Replacement of the fuse is only allowed, after the instrument was disconnected from the mains!  
A repair of a defective fuse or bypassing the fuse is very dangerous and absolutely prohibited!

**10.9 Replacement of the measuring circuit fuse**

The measuring circuit fuse **27)** is accessible from the front panel. A replacement of the fuse is only allowed, if no voltage is applied to the measuring connectors! Therefore all terminals V/SENSE **24)**, ground **25)** and A/SOURCE **26)** should be disconnected. The cover of the fuse holder has to be turned ccw with a screw driver having a suitable blade. As the cover can be turned it has to be pushed by the screw driver into the fuse holder. The cover with the fuse can then be easily taken out. Replace the defective fuse by a new fuse of the same type having the same trip current. A repair of a damaged fuse or the use of other means for bypassing the fuse is very dangerous and absolutely prohibited! Damages incurred will void the warranty.

**10.10 Rear Panel****28) Power receptacle with power switch**

Power receptacle for connecting the line cord with according to DIN49457.

**29) Interface**

The USB/RS-232 interface is located at the rear panel of the HM8112-3. The interface of HM8112-3 can receive data (commands) from an external device (PC) or send data (measurement values and parameters). The following option is available: H0880 IEEE-488 (GPIB). In order to avoid the warranty seal broken we recommend the installation ex factory.

**30) Voltage selector**

Choice of mains voltage (115 V / 230 V).

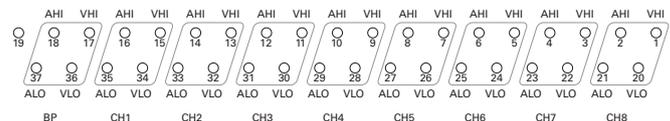
**11 Scanner Card H0112 (option)****Miscellaneous:**

With built-in Scanner Card H0112 voltage measurements are only possible up to 100V. That means that the 600V range of the voltage measurement functions is automatically inactive.

Pin 1 is the ground connection. Channel BP is used to supply the other channels with current, e.g. for supplying sensors, LEDs etc.

**Commands:**

- 03A0 all channels are off
- 03A1 channel 1 active
- 03A2 channel 2 active
- 03A3 channel 3 active
- 03A4 channel 4 active
- 03A5 channel 5 active
- 03A6 channel 6 active
- 03A7 channel 7 active
- 03A8 channel 8 active
- 03A9 front channel active

**Pin assignment:****Specifications**

<b>Channels:</b>	8 (4-wire)
<b>Switching:</b>	bistable, floating relays
<b>Thermal voltage:</b>	typ. 500 nV, max. 1 $\mu$ V*
<b>Max. voltage between 2 contacts:</b>	125 V <sub>pk</sub>
<b>Max. measuring voltage:</b>	125 V <sub>pk</sub> - also V/Q-input -
<b>Volt-Hertz-Product:</b>	$\leq 1 \times 10^6$ V · Hz
<b>Max. switching current:</b>	1 A <sub>eff</sub>
<b>Max.contact resistance:</b>	approx. 1 $\Omega$ (each wire)
<b>Life time:</b>	2 x 10 <sup>8</sup> switches (0.1 A; 10 V <sub>DC</sub> )
<b>Insulating resistance:</b>	3 G $\Omega$ **)
<b>Capacity:</b>	>100 pF, between contacts
<b>Switching delay:</b>	20 ms
<b>Measurement delay:</b>	between 50 ms and 300 ms

\*) max. 1  $\mu$ V after a warm-up of 1.5 h

\*\*\*) at rel. humidity < 60 %

## 12 Remote Operation

The Dual Interface USB/RS-232 HO820 and the GPIB interface HO880 are electrically isolated from the measuring circuit.

The instrument is programmable by a PC. Functions and ranges can be selected and measurement values stored in the instrument can be read out. The respective drivers are available on the enclosed Product CD or can be downloaded at <http://www.hameg.com>.



The HM8112-3 is connected to another instrument by a 1:1 interface cable. It is recommended to use a 9 to 25 pin standard adapter if a PC with a 25 pin COM port is connected.

### Interface parameters RS-232

Settings: No parity bit, 8 data bits, one stop bit, Xon-Xoff  
Baudrate: The communication is carried out with 9600 baud.

### USB interface

You do not have to change the configuration. If required, the baud rate can be changed. Connect the HM8112-3 with your PC using a USB cable and install the USB drivers like described in the manual of the USB interface HO820.

### GPIB interface

It is necessary to change the GPIB address of the function generator to the desired value. The address is changed at the interface on the back panel. Connect the HM8112-3 with your PC using a GPIB cable and set the baud rate to 9600 baud.

## 13 Data communication

### 13.1 Layout of commands

A command consists of 5 ASCII characters:

1. Character: 0
  2. Character: Command category (0, 1, 2 or E)
  3. Character: Function between 0 and F
  4. Character: Parameter between 0 and F
  5. Character: Terminator, either CR or LF
- all commands end with CR or LF
  - the character set includes figures 0 – 9, characters A – F and CR, LF
  - the characters can be entered as upper case or lower case letters
  - Figures 2, 3 and 4 received after 0 are interpreted as a control command. After a command has been transmitted a delay of at least 35 ms must be observed, then the next command can be sent.
  - A transmission of invalid commands is answered with **02D0** in case of wrong length of the command or void command category, with **02D1** for group 1, with **02D2** for group 2 and with **02DE** for group E. This helps debugging the controller program. The error message is transmitted immediately after occurrence.

### Notes concerning some commands:

0000...0004	Measurement of DC voltage, ranges 100 mV to 600 V
0010...0014	True RMS with DC
0016...0019	True RMS without DC
02C3...02C5	This message is sent after a change of function or range
02F0...02F3	Request of the instrument's data



By pressing button „LOCAL“ the instrument returns to manual mode.

### 13.2 Command reference

**Group 0** controls all measurement functions. If a measurement time > 1s was selected, it will be set to 1 s after any change of function. A change of range will not affect the measurement time selected. A change of function or range will, however, always cause a fresh selection of filters.

#### Function 0 to 5:

This parameter selects the range, autoranging will be disabled. Parameter 9 (no change) will retain the previous range selection.

#### Function 1:

Parameters 0 to 4 select DC coupling, 6 to 9 AC coupling.

#### Function 8:

FREQ VAC requires a valid parameter 1 or 2. During frequency measurement the voltage measurement will be disabled, hence also autoranging. The range previously selected in the function VAC will be retained.

#### Function B:

Diode test with parameter 9.

#### Function C:

Continuity test with parameter 6 ( $R_{\text{threshold}} = 10 \Omega$ ).

#### Functions D and E:

2- or 4-wire-temperature measurements require parameter 3 for PT100 or 5 for PT1000.

#### Function F:

Temperature measurement with thermocouple, requires parameter 1 for type J or 2 for type K.

Group 1 controls the measurement functions of the instrument.

#### Function 0 (Autorange):

- **Parameter 0** turns autoranging off.
- **Parameter 1** turns autoranging on.
- **Parameter 8** selects the next higher range until the highest is reached.
- **Parameter 9** selects the next lower range until the lowest is reached.

#### Function 1 (Meas – Time):

- **Parameter 1 to 7** select the measurement time from 10 ms to 60 s. The measurement results are available at the interface with the measurement time chosen.
- **Parameter 8** selects the next higher measurement time until the longest is reached.
- **Parameter 9** selects the next lower measurement time until the shortest is reached.

**Function 2** (Filter length) inserts a continuously averaging filter.

- **Parameter 0** turns the filter off.
- **Parameter 1 to 4** select the number of measurement results averaged (2,4,8,16).

**Function 4** (Math Program):

- **Parameter 0** turns the math function off. Autoranging is disabled. If desired autoranging must be turned on by the command 0101. If the Min/Max function is turned off on the keyboard autoranging will be automatically chosen.
- **Parameters 1 to 3** select one of the math functions OFFSET, HIGH LIMIT, LOW LIMIT; the last result sent will be automatically taken as the reference value. If the HIGH LIMIT or LOW LIMIT is reached a continuous beep will be sounded, the interface will transmit 999999.9.
- **Parameters 7 and 8** turns the Min/Max function on, autoranging will be disabled.

**Function 6** defines the trigger modes.

- **Parameter 0** selects autotrigger. This means that each new result will be automatically transmitted after the measurement time (011X) selected has elapsed.
- **Parameter 1** selects single trigger. Each command 0161 triggers just one measurement. Buffer operation and storage of results will not be affected. Single trigger operation will not cause any storage of results either in the buffer or in the results memory.

**Function 7** (Zero) activates zero adjustment.

- **Parameter 1** causes the next result to be taken as zero reference and to be stored in the E2PROM non-volatile memory.

**Function 8** (Result) defines the format of the results.

- **Parameters 4 and 5** alternate between degrees C and F in the temperature measurement modes.

**Function 9** (Storage) controls the results memory. Single trigger (0161) or buffer (01A1) modes will not affect the memory. The results memory may be written to and read independently.

- **Parameter 0** stops the storage of results.
- **Parameter 1** starts the storage. Locations are used starting from 1 always using the next free one up to a maximum of 15. The memory header contains the function, the range, and the measurement time.
- **Parameter 2** causes the transmission of all results contained in a memory which first must be selected by the command 01BX. This transmission will not be interrupted by any new results. If a memory shall be read several times it has to be selected each time by the command 01BX.
- **Parameter 3** will cause transmission of the next result (starting with the first one) of a memory which first must be selected by the command 01BX. This command allows to control the speed of result transmission.
- **Parameter 4** will erase the complete result memory.
- **Parameters 5 to 7** are status informations. 0195 signals the end of result transmission from a memory. 0196 signals that a memory selected by 01BX is empty. 0197 signals that either all 32,000 locations or all 15 records are occupied.

**Function A** (Buffer) controls the result buffer. Results will not any more be transmitted automatically, instead they are stored in a ring buffer which holds the last 15 results. Unless the results are fetched by the commands 01A2 or 01A3 the oldest result will be overwritten. In case the autostatus function is selected the transmission of status information will be inhibited, this information will be lost (see commands 02C4 and 02C5). Without a command from the controlling unit the instrument will not transmit any information.

- **Parameter 0** turns the buffer off.
- **Parameter 1** turns the buffer on.
- **Parameter 2** will cause transmission of all results in the buffer. After the last result was sent the message 01A6 (buffer empty) will be transmitted.
- **Parameter 3** issues the oldest result in the buffer memory. After transmission of the last result the message 01A6 (buffer empty) will be transmitted.
- **Parameter 4** erases the buffer. This is necessary after any change of function or range as it is no longer possible to identify function or/and range of each result. The same holds for other changes of parameters like measurement time, filter etc.
- **Parameter 5** will erase the buffer automatically after any command of group 0 and the commands 0108 or 0109. The command 01A4 will disable this function.
- **Parameter 6** will inform that the buffer is empty.

**Function B** (record no.)

- **Parameters 1 to F** select a result memory which then may be read by Storage Dump (0192) or Storage Single Dump (0193). The function 01BX will send an information about the header of the memory selected using the form OXX for function and range and 011X for the measurement time. In case a memory selected is empty 0196 will be transmitted. The instrument will automatically number the memories starting with 1.

**Function C** (Temp Comp) defines the reference compensation method in case of temperature measurement with thermocouples.

- **Parameter 0** compensates for the reference joint at 0 degrees C.
- **Parameter 1** (23 degr. C) assumes a reference joint temperature of 23 degr. C.
- **Parameter 2** (FRONT) takes the last temperature measurement result from a PT100 or PT1000 measurement (2- or 4-wire) and uses it for compensation. When using a 2-wire-sensor a PT sensor and a thermocouple may be connected simultaneously thus allowing switching back and forth.

**Function F** (Test):

- **Parameter 1** causes a RAM test which does not destroy any data. The test result will be transmitted either with 01F4 (RAM GOOD) or 01F5 (RAM FAIL).

**Group 2** selects the interface modes and diverse information. Using a IEEE interface (H0880) the baud rate has to be set to 9600 baud.

**Function 2** (Com) will be stored in the E2PROM (default value 9600).

- **Parameter 0** turns transmission off.
- **Parameter 3** selects 9600 Baud and turns the transmission on.
- **Parameter 4** selects 19200 Baud and turns the transmission on. This baud rate is mandatory for 10 ms measurement time and transmission.

**Function C** (Message) delivers instrument status information.

- **Parameter 2** will transmit the complete instrument status. In turn information of groups 0 and 11 to 15 will be transmitted. The status informations 0197, 0198, and 01A6 will be transmitted if they were activated. The command 02C2 will cause the transmission of the following informations:

**Answers:**

00XX Measurement functions  
 010X Autoranging  
 011X Measurement time  
 012X Filter length  
 014X Math program  
  
 016X Trigger mode  
 018X Temp. Selection  
 019X Results memory  
 019X Results memory  
 019X Results memory  
 01AX Results buffer  
 01AX Results buffer  
 01CX Temp. compensation

**PARAMETER:**

0-6, 9 Ranges and sensors  
 0,1 Off or On  
 1-7 10 ms to 60 s  
 0-4 Off, 2 to 16  
 0-3, 7, 8 Off, Offset, High Limit, Low Limit, Max, Min.  
 0,1 single or auto  
 4,5 degree C or F  
 0,1 Off or On  
 7 Full  
 8 Single result storage  
 0,1 Off or On  
 5 Autoclear selected  
 0,1,2 External, 23 degr. C, PT temperature measurement

If **buffer operation is active** (01A1) the auto status function will remain active, function, range, and group 1 information will be stored in the ring buffer together with the results. The description of the auto status function remains valid in full. Any commands of groups 0 and 1 will be echoed after their execution. These echoes may be used for handshaking obviating any waiting times.

**Function F** (data) provides instrument information.

- **Parameter 0** issues the 6 digit software revision number XXXXXX.
- **Parameter 1** issues the last calibration date in the format DDMMYY
- **Parameter 2** issues the serial number.
- **Parameter 3** issues the milliohms of the cable resistance compensation in case of 2-wire PT100- (PT1000-) temperature measurements.

- **Parameter 3** disables the auto status function (02D4) and the continuous status function (02D5).
- **Parameter 4** turns the auto status function (02D4) on. The continuous status function (02D5) will be disabled if active. If commands are sent via the interface all commands of groups 0 and 1 will be echoed immediately, asynchronously to the measurements. If commands are received which are not implemented 02DX will be sent (helpful when looking for errors in the control program). The following informations will be issued immediately after any keyboard operation or in case of, e.g., result memory full, auto range: 00XX, 0100, 0101, 0111-7, 0140, 0147, 0148, 0182-5, 0190, 0191, 0198, 01C1, 01C2.
- **Parameter 5** turns the continuous status function on. The auto status function, if active, will be disabled. After each result obtained the actual function and range will be transmitted in the format 00XX, followed by the transmission of the measurement time in the format 011X. Any information of group 1 caused by a status change of the instrument will be stored and transmitted in place of the measurement time synchronously with the next result. In case there will be more than one group 1 information caused by a keyboard operation or by the instrument's control program (e.g. result memory full, auto range) within the same measurement cycle those informations will overwrite each other. Only the last information will be transmitted with the next result. Range or function changes via the keyboard may cause several group 1 informations. Hence only the status of the auto range function will be transmitted, messages concerning changes of the functions Max/Min or the result memory will be suppressed. (this does not apply to commands received via the interface). These status changes may be taken from the following table:

	<b>Max/Min</b>	<b>Result memory</b>
Change of range	restart	off
Change of function	off	off

Full information about the instrument status may be received by the command 02C2.

**The auto status function has this format:**

+/-X.XXXXXX Result with sign  
 0XX Function and range  
 1XX Group 1 information

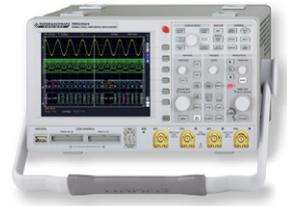
The following group 1 informations are transmitted: 0100, 0101, 0111-7, 0120-4, 0140-4, 0140-143, 0147, 0148, 0184-5, 0190, 0191, 0198, 01C0-1C2.

14 Listing of commands

The commands have to be transmitted as characters or a numeric string in ASCII format. Characters may be lower or upper key. Each command must use CR (Chr (13) corresponds 0x0D) or LF (Chr (10) corresponds 0x0A) as its end.

Survey of the commands for HM8112-3														
1st Character	2nd Group	3rd Character Function	4th Character PARAMETER							5th Character				
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
0		0 VDC	100mV	1V	10V	100V	600V	-	-	-	-	No Change		
		1 VAC	100mV-DC	1V-DC	10V-DC	100V-DC	600V-DC	-	1V-AC	10V-AC	100V-AC	600V-AC		
		2 IDC	0,1mA	1mA	10mA	100mA	1A	-	-	-	-	No Change		
		3 IAC	0,1mA	1mA	10mA	100mA	1A	-	-	-	-	No Change		
		4 OHM 2WIRE	100Ohm	1kOhm	10kOhm	100kOhm	1MOhm	10MOhm	-	-	-	No Change		
	0	5 OHM 4WIRE	100Ohm	1kOhm	10kOhm	100kOhm	1MOhm	10MOhm	-	-	-	No Change		
		8 FREQ/PERIOD VAC	-	FREQ	PERIOD	-	-	-	-	-	-	-	-	
		B Diode test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No Change	
		C Continuity	-	-	-	-	-	-	-	10 Ohm	-	-	-	
		D Sensor RTD 2WIRE	-	-	-	Pt100	-	-	Pt1000	-	-	-	-	
		E Sensor RTD 4WIRE	-	-	-	Pt100	-	-	Pt1000	-	-	-	-	
		F Sensor TH	-	J	K	-	-	-	-	-	-	-	-	
		0 AUTO-RANGE	OFF	ON	-	-	-	-	-	-	-	UP	DOWN	
		1 MEAS-Time	-	10ms	50ms	100ms	500ms	1s	-	10s	60s	UP	DOWN	
		2 Filter	CONT	2	4	8	16	-	-	-	-	-	-	
		4 Math	OFF	OFFSET	HIGH LIMIT	LOW LIMIT	-	-	-	-	MAX	MIN	-	
	6 TRIGGER	AUTO	SINGLE	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1	7 ZERO	-	ZERO	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	8 Temp	-	-	-	-	-	°C	°F	-	-	-	-		
	9 Storage	STOP	START	DUMP	SINGLE DUMP	CLEAR	REC. END	REC. EMPTY	REC. FULL	STOR FULL	-	-		
	A BUFFER	OFF	ON	DUMP	SINGLE DUMP	CLEAR	AUTO CLEAR	BUF. EMPTY	-	-	-	-		
	B RECORD NR.	-	1	2	3	4	5	6	8	-	-	F		
	C Sensor Comp	EXT/ICE	23°C	FRONT	-	-	-	-	-	-	-	-		
	F TEST	-	RAM	-	-	RAM GOOD	RAM FAIL	-	-	-	-	-		
2	2 Com RS232	OFF	-	-	9600	19200	-	-	-	-	-	-		
	C MESSAGE	-	-	STATE DUMP	STATE OFF	AUTO STATE	CONT STATE	-	-	-	-	-		
	D ERROR	LENGTH	GROUP 1	GROUP 2	-	-	-	-	-	-	-	GROUP E		
	F Info - data read	REVISION	LAST CAL	SER NUM	LEAD RES	-	-	-	-	-	-	-		

Oscilloscopes



Spectrum Analyzer



Power Supplies



Modular System  
Series 8000



Programmable Instruments  
Series 8100



authorized dealer



[www.hameg.com](http://www.hameg.com)