

DIGITAL NANO-OHMMETER

32000 Punkte Autorange $1n\Omega \div 320\Omega$

Mod. 20024



Bedienungsanleitung



PROFESSIONAL MEASURING INSTRUMENTS

INHALT

EINLEITUNG	1
BESCHREIBUNG	2
AUTOMATISCHES HALTEN (AUTO HOLD)	3
BESCHREIBUNG TASTER UND EINGÄNGE	4
TASTER	4
EINGÄNGE	14
ZUSÄTZLICHE INFORMATIONEN	15
TECHNISCHE DATEN	16
HINWEISE ZUR DURCHFÜHRUNG VON MESSUNGEN	19
POTENZIALE DER ANSCHLUSSSTELLEN.	19
VERWENDEN DER METHODE BIPOLEARE MESSUNG	21
MESSUNG IM MESSBEREICH $32\mu\Omega$	21
ELEKTROMAGNETISCHE FELDER	23
STROMLEITUNGEN MIT UNZUREICHENDEM QUERSCHNITT	23
LANGSAMKEIT DER MESSUNG	23
MESSUNG VON ELEMENTEN MIT HOHER INDUKTIVITÄT.	24
SCHUTZ VOR ÜBERSPANNUNG UND ÜBERSTROM	25
SCHNITTSTELLE	26
ALLGEMEIN	26
LESEN DER DATEN	26
SCHREIBEN DES SETUP	30

EINLEITUNG

Das Digital Nano-Ohmmeter Mod. **20024** ist ein Gerät mit absolut einzigartiger Leistungsfähigkeit: Trotz der extrem kleinen Abmessungen und des geringen Gewichts bietet es umfangreiche Funktionalitäten, die so bisher noch nicht zusammen angeboten werden.

- ▶ *32000 Messpunkte / 5 Messungen pro Sekunde*
- ▶ *8 Bereiche von 320 Ohm bis 32 μ Ohm (Auflösung von 10 mOhm bis 1 nOhm)*
- ▶ *Der Strom für die Messung kann ausgewählt werden*
- ▶ *Vorwahl automatische oder manuelle Messbereichsumschaltung*
- ▶ *Grafische Anzeige*
- ▶ *Balkengrafik*
- ▶ *Relative Messung; beide, absolut und prozentual vom Messwert gleichzeitig*
- ▶ *Temperaturkompensation der Messung von 0,0°C bis 50,0°C*
- ▶ *Vorwahl der Polarität der Messung*
- ▶ *Automatische Messung mit beiden Polaritäten, Anzeige des Mittelwerts*
- ▶ *Automatischer Nullabgleich des Geräts (auto zeroing)*
- ▶ *Kompensation der Messleitungen*
- ▶ *Messwert halten*
- ▶ *Auswahl und Anzeige der Größenordnung der Filterung der Messung*
- ▶ *Hintergrundbeleuchtung Ein/Aus*
- ▶ *Akustische Signalisierung der korrekten Auswahl*
- ▶ *Netz- und Batteriebetrieb*
- ▶ *Anzeige des Ladezustands der wiederaufladbaren Batterie*
- ▶ *Speichern und Wiederaufrufen der Konfiguration (save/recall)*
- ▶ *lesen der Daten und Einstellungen mit optisch gekoppelter Schnittstelle*
- ▶ *nur zwei Befehle erforderlich: einer zum Lesen aller Daten und Einstellungen und einer zum Schreiben der neuen Einstellungen*

Genauigkeit, Anzahl der Messpunkte und Auflösung, wie auch die reduzierte Größe und das geringe Gewicht, machen das Gerät sicherlich einzigartig und bestens geeignet für die Verwendung im Labor und auf der Einsatzstelle. Durch die integrierten, wieder aufladbaren Batterien kann das Gerät bis zu einer Betriebszeit von etwa 350 Stunden netzunabhängig laufen.

Der Messwert wird mit großen Ziffern dargestellt, die mit einer Höhe von 10 mm das Ablesen bis zu einer Entfernung von drei Metern gewährleisten.

Das Gerät hat kein Menü zur Auswahl der Optionen, sondern einfach nur die Möglichkeit, vier Bildschirmanzeigen durchzuschalten, in denen wird:

- ▶ *der Messwert angezeigt*
- ▶ *der Messwert und der relative Messwert, absolut und in Prozent angezeigt*
- ▶ *die Temperatur zur Kompensation der Messung eingestellt*
- ▶ *der temperaturkompensierte Messwert, der Messwert und die Temperatur angezeigt*

BESCHREIBUNG

Das Gerät ist in einem eloxierten, stranggepressten Aluminiumgehäuse aufgebaut, um das Gewicht zu reduzieren. Zum einfacheren Transportieren wurden Tragegriffe montiert. Zur besseren Ablesbarkeit des Displays und Zugänglichkeit zu den Bedientasten und Anschlussbuchsen wurden Aufstellfüße am Gerät angebracht.

Die grafische Anzeige mit 64 x 128 Pixeln ist im Verhältnis zur Größe des Geräts sehr groß ausgeführt, um das Ablesen aus der Entfernung auch bei geringem Licht zu erleichtern. Bei der Entwicklung des Geräts wurde viel Wert darauf gelegt, die Bedienung einfach und übersichtlich zu gestalten. Dies wurde durch die klar strukturierte Anordnung der Bedienelemente und der dargestellten Informationen auf dem Display erreicht.

Das gesamte Instrument wird von einem 16-Bit Mikroprozessor gesteuert, während der elektrische Widerstand mithilfe der Vierleitermessung, auch bekannt als Kelvin Verbindung, gemessen wird, der besten Methode im Hinblick auf Genauigkeit und Auflösung.

Der Verstärker und der Umformer sind in einer monolithischen Einheit zusammengefasst, um gleiches Eingangsrauschen (mit Filter = 32) von nur 100nVpp als typischen Wert pro Minute und einem Drift kleiner als typisch 300nVpp pro 10 Minuten zu erreichen.

An der Frontplatte gibt es vier Anschlussbuchsen (**A+**, **A-**, **V+**, **V-**); zwei stellen den Strom für die Messung zur Verfügung und zwei dienen der Detektion des Spannungsabfalls über dem Widerstand. Die Vierleitermethode macht die Messung unabhängig vom Widerstand der Messleitungen, die den Messstrom im Stromkreis vom Nanoohmmeter über die Messleitungen, sämtliche Übergangswiderstände, den zu messenden Widerstand und zurück zum Nanoohmmeter führen. Das Eingangssignal wird dann verstärkt und mit dem internen Referenzwiderstand verglichen. Das Ergebnis wird sauber aufbereitet, durch einen Mikroprozessor verarbeitet und am Display angezeigt.

Der geringe Strom, der für die Messung verwendet wird, reduziert durch die vernachlässigbare Verlustleistung den Joule-Effekt. Daraus resultiert eine sehr geringe Verfälschung des Messwerts. Aus demselben Grund ist der maximale Spannungsabfall auf 32 mV begrenzt, was eine mögliche Halbleiterverbindung parallel zum unbekanntem Widerstand verhindert, denn dies würde zu einer ungültigen Messung führen.

Mit Ausnahme der beiden Messbereiche $32\mu\Omega$ und $320\mu\Omega$, können Sie zwei verschiedene Messströme wählen. Mit dem hohen Strom "high" beträgt die Auflösung der Messspannung $1\mu V$, diese fällt auf $0.1\mu V$ bei der Verwendung des niedrigen Stromes „low“. Wenn es bei einer Messung darauf ankommt, nur geringe Verlustleistung am Element zu erzeugen, sollte der geringe Messstrom ausgewählt werden. Dies wird durch den Text „**cur:**“ vor dem Wert des Stromes im unteren Bereich des Displays angezeigt. In allen anderen Fällen ist es

empfehlenswert, den höheren Strom „high“ zu verwenden, was durch den Text „**CUR:**“ vor dem Wert des Stromes angezeigt wird. Dies minimiert Seiteneffekte infolge von Kontaktpotenzialen oder Drift des Messverstärkers. Wichtige Hinweise in Bezug auf dieses Thema werden im Abschnitt **HINWEISE ZUR DURCHFÜHRUNG VON MESSUNGEN** gegeben.

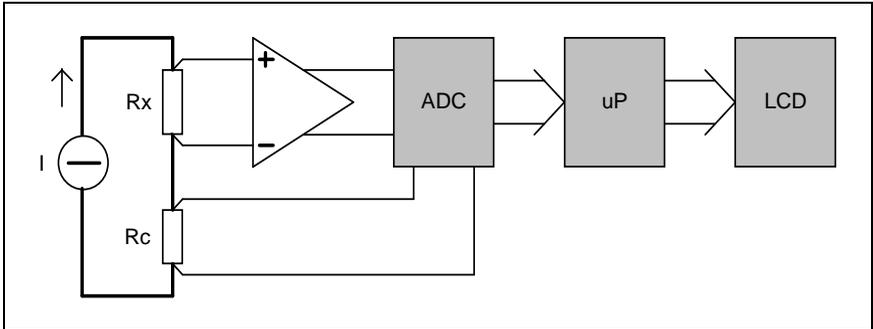


Fig. 1 Blockdiagramm des Nanoohmmeters 20024 mit Vierleitermessung

ACHTUNG:

Die Anzeige des Zeichens "-" vor dem Messwert dient nur zur Anzeige, dass die Messleitungen an den Gerätebuchsen V- und V+ vertauscht angeschlossen wurden: Das bedeutet keine Gefahr für das Gerät, aber so ist nicht sichergestellt, dass die Messwerte gültig sind, da der Verstärker für Messungen mit positivem Vorzeichen optimiert wurde.

AUTOMATISCHES HALTEN (AUTO HOLD)

Das Gerät ist mit einer Auto Hold Funktion ausgestattet, die es ermöglicht, die Anzeige „einzufrieren“, wenn die Messleitungen oder die Zangen während der Messung vom Messobjekt abgeklemmt werden. Das geschieht jeweils dann, wenn der Messkreis durch Abklemmen mindestens einer der Verbindungen der Strom-Gerätebuchsen unterbrochen wird.

Dies wird in der Statuszeile am Display unten rechts mit dem blinkenden Ausdruck „**AHld**“ angezeigt.

ACHTUNG:

Diese Funktion wird nur, wenn sich das Gerät in der Betriebsart Hand befindet, automatisch aktiviert. Das erlaubt Ihnen, die Autorange-Funktion zur automatischen Auswahl des geeignetsten Messbereichs beizubehalten.

BESCHREIBUNG TASTER UND EINGÄNGE

TASTER

Das Gerät hat 12 Taster, deren Funktionen und Betriebsarten hier detailliert und zusammengefasst in der untenstehenden Tabelle erklärt werden. So können Sie alle Funktionen des Nanoohmmeters direkt auswählen, ohne sich durch Menüs und Untermenüs zu suchen.

Vier der Tasten haben zwei Funktionen. Welche der beiden Funktionen ausgeführt wird, hängt davon ab, wie lange die Tasten gedrückt werden: kurz (weniger als 1 Sekunde), oder lang (länger als 1 Sekunde).

Die beiden Funktionen beziehen sich auf dieselbe Betriebsart. Zum Beispiel der **BIP**-Taster: Kurzes Drücken aktiviert die bipolare Messung, langes Drücken beendet diese Funktion.

Ein akustisches Signal (kurzer Piepton) ertönt, wenn die Eingabe akzeptiert wird. In einigen Zuständen, in denen die Eingabe gesperrt ist und die Taste gedrückt wird, ertönt ein langer Piepton. Zum Beispiel ist die Funktion „Automatischer Nullabgleich“ (auto zeroing) während der bipolaren Messung gesperrt. Drückt man den **A/Z** Taster, so erscheint ein langer Piepton.

Die folgende Auflistung erklärt die Taster und ihre Funktionen.



Auswahl des höheren Messbereichs

Wenn sich das Gerät in der Betriebsart Automatik befindet erfolgt ein Wechsel in die Betriebsart Hand (manual).

In der Betriebsart Hand wird durch Drücken der Taste der nächste, höhere Messbereich ausgewählt, solange, bis der höchste Bereich (320Ω) erreicht ist.

Der Bildschirm für die Einstellung der Kompensationstemperatur ermöglicht die Erhöhung dieses Parameters.



Auswahl des niedrigeren Messbereichs

Wenn sich das Gerät in der Betriebsart Automatik befindet, erfolgt ein Wechsel in die Betriebsart Hand (manual).

In der Betriebsart Hand wird durch Drücken der Taste der nächste tiefere Messbereich ausgewählt, solange, bis der tiefste Bereich (32μΩ) erreicht ist.

Der Bildschirm für die Einstellung der Temperaturkompensation ermöglicht eine Verringerung dieses Parameters.



Betriebsart Automatik/Hand

Wenn sich das Gerät in der Betriebsart Automatik befindet, wechseln Sie durch Drücken dieser Taste in die Betriebsart Hand und umgekehrt.

FUNC**Hauptmessung****Multifunktions-taster****Relativer Messwert, absolut und in Prozent****Einstellung der Raumtemperatur****Messung mit Temperaturkompensation**

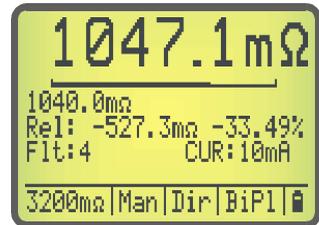
Der Taster wechselt nacheinander die Anzeige von

- Hauptmessung + Balkengrafik
- Hauptmessung + Balkengrafik + relativer Messwert, absolut und in Prozent
- Einstellung der Raumtemperatur
- Messung mit Temperaturkompensation + Hauptmessung + Raumtemperatur

bei jedem Drücken des Tasters.

Hauptmessung + Balkengrafik + relativer Messwert, absolut und in Prozent

Drückt man den Taster, wenn gerade nur der Hauptmesswert und die Balkengrafik angezeigt werden, so wird zusätzlich der relative Messwert, als Absolutwert und als Prozentwert, beide mit Vorzeichen, dargestellt. Der Prozentwert berechnet sich gemäß folgender Formel:



$$\text{Prozentwert} = 100 * (\text{Istwert} - \text{Initialwert}) / \text{Initialwert}$$

Der Initialwert ist der aktuelle Messwert, der zum Zeitpunkt des Tastendrucks gespeichert wird. Der Istwert ist der gefilterte, aktuelle Messwert.

Dieser Messwert wird in dieser Betriebsart weiterhin aktualisiert, so dass eine Veränderung des Messwerts relativ zum gespeicherten Initialwert abgelesen werden kann.

Der Prozentwert ist von -100,0 % bis +6550,0 % darstellbar. Wenn der Prozentwert, in absoluten Zahlen gleich oder größer als 100% ist, wird die Auflösung automatisch von 0,01 % auf 0,1 % angepasst.

Der relative Messwert wird in der absoluten Darstellung mit der Auflösung des Messbereichs angezeigt und wie folgt berechnet:

$$\text{Absolutwert} = \text{Istwert} - \text{Initialwert}$$

Einstellung der Raumtemperatur

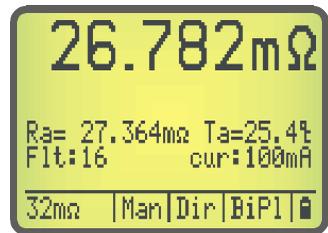
Durch erneutes Drücken des Tasters verschwindet die Anzeige der Hauptmessung, der Balkengrafik und der relativen Messung. Das Display zeigt die Kompensations-temperatur des Widerstands, bezeichnet mit „Ta“, d.h. ambient temperature (Umgebungs-temperatur) an. Hier ist die Umgebungs-temperatur einzustellen, bei der der unbekannte Widerstand gemessen wird.



Eingestellt wird die Temperatur mithilfe der Taster ▲ und ▼ zur Erhöhung bzw. Verminderung des rechts am Display angezeigten Temperaturwerts, mit einer Auflösung von 0.1°C in einem Bereich von 0.0°C und 50.0°C. Der neue Wert wird automatisch im nichtflüchtigen Speicher abgelegt, wenn Sie zur Messung mit Temperaturkompensation umschalten.

Messung mit Temperaturkompensation + Hauptmessung + Raumtemperatur

Durch erneutes Drücken des Tasters erhalten Sie die Darstellung des temperaturkompensierten Messwerts (oben, groß). Das ist der Widerstandswert, den der Prüfling bei 20.0°C hätte. Im mittleren Bereich wird der aktuelle Messwert des Widerstands bei Raumtemperatur, gekennzeichnet mit **Ra** und die eingestellte Raumtemperatur **Ta** angezeigt.

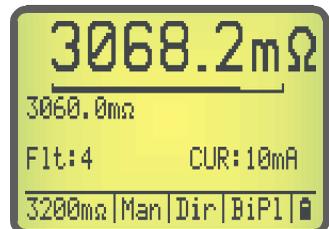


Die kompensierte Messung bezieht sich auf die Standardtemperatur von 20.0°C, entsprechend CEI EN 60228:2005-10.

Will man Konfiguration speichern, um nach dem Einschalten des Geräts wieder mit diesen Einstellungen arbeiten zu können, muss man den Taster **CFG** länger als 1s drücken. Durch kurzes Drücken des Tasters **CFG** (< 1s) wird die zuletzt gespeicherte Konfiguration wieder aufgerufen.

Hauptmessung + Balkengrafik

Drückt man den Taster erneut, so verschwindet der Bildschirm mit der kompensierten Messung und es erscheint die Hauptmessung sowie die Balkengrafik.



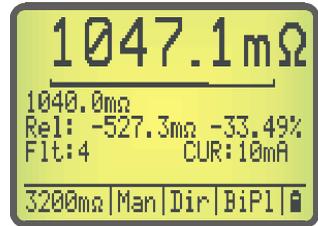
Will man Konfiguration speichern, um nach dem Einschalten des Geräts wieder mit diesen Einstellungen arbeiten zu können, muss man den Taster **CFG** länger als 1s drücken. Durch

kurzes Drücken des Tasters CFG (<1s) wird die zuletzt gespeicherte Konfiguration wieder aufgerufen.

Erläuterung der Funktionsweise der Balkengrafik

Die Balkengrafik (bargraph) unter dem Hauptmesswert zeigt den Wert von 1040.0mΩ bis 1049.9mΩ grafisch an. Im dargestellten Bild wird die Balkengrafik auf den Wert von 1040.0mΩ + 7.1mΩ (71 Pixel) gesetzt. Die Balkengrafik hat eine Auflösung von 100 Pixel und stellt die kleinste Änderung des Messwerts grafisch dar.

Wenn der primäre Messwert zum Beispiel 264.15μΩ beträgt, so wäre der Wert links unter der Balkengrafik 264.0μΩ und der Balken wäre 15 Pixel lang (0.15μΩ).



A/Z

Nullabgleich (Zeroing)

Multifunktions-taster

Drückt man die Taste < 1 sec **Automatischer Nullabgleich**

Diese Multifunktions-taste ermöglicht den automatischen Nullabgleich des Gerätes, ohne dass die Anschlüsse von Strom oder Spannung abgetrennt werden müssen, indem die Anschlussbuchsen intern kurzgeschlossen werden. Wenn dieses Verfahren, das bei Instrumenten mit so hoher Empfindlichkeit wie bei diesem, nicht in dieser Weise durchgeführt wird, könnte es zu völlig unbrauchbaren Messergebnissen kommen.

Mit dem automatischen Verfahren erfolgt auch die Kompensation der verschiedenen thermoelektrischen Effekte sowohl an den Anschlusspunkten zwischen der Klemmenspannung und dem unbekanntem Widerstand, als auch entlang der Messleitung bis in das Instrument, für jeden Kontakt der verschiedenen Metallmaterialien. Während der Ausführung des Nullabgleichs wird auch die Kompensation des Drifts des Messverstärkers durchgeführt.

Durch Drücken der Taste für weniger als 1 Sekunde erscheint der Text AUTOZERO blinkend und die Balkengrafik zeigt den zeitlichen Verlauf bis zum Abschluss des Verfahrens am Display an. Die Dauer des Nullabgleichs hängt von der Anzahl der zu ermittelten Messwerte ab, die benötigt werden, um den Mittelwert zu erhalten. Dieser Wert ist variabel und hängt ab vom eingestellten Wert der Messwertfilterung, der mithilfe der FLT-Taste vorgegeben wird.

Drückt man die Taste > 1 sec **Kompensation der Stromleitungen**

Die zweite Funktion dieser Taste wird aktiviert, wenn diese länger als eine Sekunde gedrückt wird. Sie erlaubt es, den Spannungsabfall an den

Stromleitungen auf eine bessere Art als das Verfahren des Nullabgleichs, zu kompensieren.

Tatsächlich kann es sein, dass der Verstärker nicht in der Lage ist, trotz der hohen Gleichtaktunterdrückung des Eingangsverstärkers, wenn die Stromleitungen einen hohen Spannungsabfall durch hohe Messströme von $1 \div 10\text{A}$, oder durch zu geringen Querschnitt, oder durch zu große Länge, die Gleichtakt-Spannungsänderung, zu der es kommt, wenn zwischen normalen Betriebsbedingungen (Strom fließt im Messkreis) und der Betriebsart automatischer Nullabgleich (der Strom im Messkreis wird abrupt unterbrochen) umgeschaltet wird, vollständig zu kompensieren. Obwohl speziell für die oben beschriebene Kompensation entwickelt, kann dies in allen Bereichen vorkommen, besonders bei den beiden Messströmen von 1A und 10A . Wenn sich zeigt, dass sich die Hauptmessung mit der Beschaltung wie in Fig. 2 dargestellt ist, nicht auf Null abgleichen lässt, kann auch ein automatischer Nullabgleich durchgeführt werden.

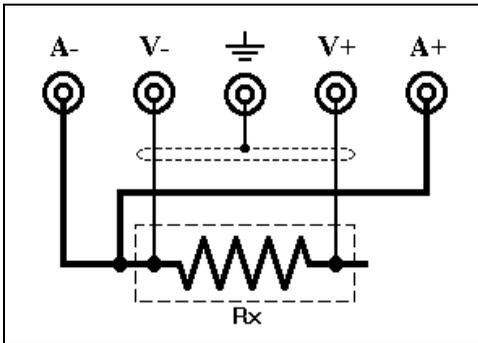


Fig. 2 Anschlusschema für die Kompensation des Spannungsabfalls auf den Stromleitungen.

Naturgemäß ist die Kompensation für jeden Bereich unterschiedlich und hängt vom verwendeten Messstrom ab. Die Kompensation ist daher nur gültig für den jeweiligen Messbereich und für den gewählten Messstrom. Aus diesem Grund speichert das Gerät jede einzelne Kompensation in einer separaten Speicherzelle zu diesem Bereich und diesem Messstrom um sie wieder abzurufen, wenn diese Einstellung wieder gewählt wird. Die Kompensation wird beim Ausschalten im nicht-flüchtigen Speicher abgelegt. Da die gespeicherten Werte stark abhängig von den Messbedingungen (Länge und Querschnitt der Stromleitungen, thermoelektrisches Potenzial und Innentemperatur des Instruments sowie die verstrichene Zeit seit dem Einschalten) sind, kann es passieren, dass das nächste Mal, wenn Sie das Gerät wieder einschalten, der Abgleich nicht mehr gültig ist.

CUR**Auswählen des Messstromes**

Ändert den Strom für die Messung mit jedem Tastendruck von niedrig (low) nach hoch (high) und umgekehrt (toggeln).

Der nominelle Messstrom wird am Display mit dem Text „**cur:**“ oder „**CUR:**“ angezeigt, abhängig davon, ob er entsprechend niedrig oder hoch ist. Im Messbereich $32\mu\Omega$ wird die Messung immer mit einem Strom von 10A durchgeführt. Der am Display angezeigte Text hängt von der letzten Einstellung ab.

BIP**Bipolare Messung****Multifunktionstaster**

*Drückt man die Taste < 1 sec **Aktivierung der bipolaren Messung***

Führt dieses Kommando nicht aus, wenn die Messung überlastet ist (overload). Angezeigt wird das auf dem Display mit dem Text „**OVL**“.

Wenn das Gerät die Messung mit inverser Stromrichtung durchführt, wechseln Sie in die Stromrichtung durch Drücken der Taste „**POL**“ (polarity) und warten Sie dann für eine kurze Zeit, die abhängig ist vom eingestellten Messwertfilter. Dieser Filterwert wird durch Drücken der „**FLT**“- Taste eingestellt und repräsentiert die Anzahl der Messungen die durchgeführt werden, um den Mittelwert zu berechnen.

Beim bipolaren Messverfahren wird die Zahl der Messungen gemäß eingestelltem Filterwert mit direkter Stromrichtung und die gleiche Zahl der Messungen mit inverser Stromrichtung durchgeführt und daraus der Mittelwert errechnet und angezeigt. Dann wird in den Modus Messung mit direkter Stromrichtung zurückgeschaltet.

Während dieser Messung erscheint der Text „**BIPOLAR**“ blinkend anstelle des Messwerts am Display und der Fortschrittsbalken (bargraph) zeigt den zeitlichen Verlauf des Messzyklus an. Ist dieser beendet, so wird der ermittelte Messwert angezeigt und am unteren Rand des Bildschirms blinkt der Text „**BiPI**“ in der Statuszeile. Eine weitere bipolare Messung kann durch erneutes Drücken der Taste **BIP** gestartet werden.

*Drückt man die Taste > 1 sec **Deaktivierung der bipolaren Messung***

Wird die Taste länger als eine Sekunde gedrückt, so verlässt das Gerät den bipolaren Messmodus und der Text „**BiPI**“ verschwindet vom unteren Bildschirmrand.

FLT**Auswahl des Filters**

Bei jedem Tastendruck wird ein anderer Filterwert in der Sequenz 1-2-4-8-16-32-64-1-2-4 - ausgewählt.

Der Filterwert wird unten am Display nach dem Text „**Flt:**“ angezeigt. Der Filterwert entspricht der Anzahl der Messwerte, die verwendet werden, um den Mittelwert zu berechnen, der als Hauptmesswert am Display ausgegeben wird. Dies ist besonders nützlich, vor allem im Bereich von $32\mu\Omega$ oder bei der Verwendung des niedrigen Messstroms, wo das Gerät eine maximale Spannungsempfindlichkeit hat. Je größer die Anzahl der Messungen, über die gemittelt wird, desto langsamer reagiert das Gerät.

Die Aktualisierungsrate der Messwertanzeige beträgt 5 Hertz. Dies hat den Vorteil einer besseren Stabilität der Darstellung. Es könnte vorkommen, dass sich beim Umschalten des Filterwerts die Messwertanzeige kurzzeitig als unzuverlässig erweist, bis der Messwertpuffer für die Mittelwertbildung wieder aufgefüllt ist.

BKL**Hintergrundbeleuchtung (Backlight)**

Aktiviert / Deaktiviert die Hintergrundbeleuchtung des Displays. Bei Batteriebetrieb ist es empfehlenswert, die Hintergrundbeleuchtung nur einzuschalten, wenn absolut notwendig, da die von dem Gerät aufgenommene Leistung, den Messstrom ausgenommen, von etwa 120 mW auf 700 mW steigt. Dies reduziert erheblich die netzunabhängige Betriebszeit des Gerätes, die jedoch auch trotz eingeschalteter Hintergrundbeleuchtung und aktiviertem Messbereich $3200m\Omega$ oder höher, nicht unter 50 Stunden, sinkt.

POL**Polarität der Messung direkt / invers (Direct / Reverse)**

Wenn das Gerät im Direkt-Modus arbeitet, kann es durch Drücken dieser Taste in den Invers- Modus gebracht werden und umgekehrt.

Diese Funktion erlaubt es, die Richtung des Stroms im Messkreis während der Messung umzukehren ohne die Anschlüsse umzuklemmen, wenn es empfehlenswert ist, eine Messung mit entgegengesetzter Polarität durchzuführen oder um zu beurteilen, ob elektrische Potenziale unterschiedlicher Art im Spannungs-Messkreis vorhanden sind.

Tatsächlich ist es nicht empfehlenswert, die Anschlüsse physikalisch zu tauschen, weil es die Messung, verschiedener elektrische Potenzialdifferenzen, verhindern könnte, die ja gerade deswegen durchgeführt wird, um diese zu bestimmen und so den Einfluss solcher Potenziale zu verringern.

Wenn möglich, sollten Sie den höheren Messstrom für die Messung verwenden. Das minimiert den Einfluss der Kontaktstellenpotenziale dank eines zehnfach höheren Messsignals.

CFG**Speichern / Abrufen der Konfiguration****Multifunktions-taster**

Drückt man die Taste < 1 sec **Wideraufruf der gespeicherten Konfiguration**

Durch kurzes Drücken des Tasters wird die zuletzt gespeicherte Konfiguration wieder aufgerufen: Messbereich, Filterwert, Messstrom, automatische / manuelle Messbereichswahl, Hintergrundbeleuchtung und angezeigte Funktion: Hauptmessung oder temperaturkompensierte Messung.

Drückt man die Taste > 1 sec **Speichern der Konfiguration**

Drückt man den Taster länger als eine Sekunde, so wird die aktuelle Konfiguration gespeichert.

HOLD**Halten, d.h. „Einfrieren“ der Messung**

Durch Drücken der „Hold“- Taste wird der „Hold“- Modus Ein/Aus geschaltet (toggeln).

Im „Hold“- Modus sind alle Taster inaktiv, mit Ausnahme der Taster für die Hintergrundbeleuchtung „**BKL**“ und für den Filter „**FLT**“.

Wenn das Gerät im „Hold“- Modus ist, wird dies in der Statuszeile am Display unten rechts mit dem blinkenden Text „**Hold**“ angezeigt.

In der untenstehenden Tabelle sind die Operationen, deren Arten der Aktivierung und deren Art der Signalisierung zum Zeitpunkt des Tastendrucks zusammengefasst.

Taster-name	Aktion kurz/lang	Operation	Akustische Warnung kurz/lang	
▲	kurz	In der Betriebsart Auto: (automatische Bereichswahl)	Beendet die automatische Messbereichswahl. Behält den gewählten Bereich bei.	kurz
		In der Betriebsart Hand: (manuelle Bereichswahl)	Wechsel zum höheren Bereich bis zum max. Bereich 320Ω Führt das Kommando im Bereich 320Ω nicht aus.	kurz lang
		Im unteren Teil des Displays wird der aktive Messbereich und der Text " Man " angezeigt.		
▼	kurz	In der Betriebsart Auto: (automatische Bereichswahl)	Beendet die automatische Messbereichswahl. Behält den gewählten Bereich bei.	kurz
		In der Betriebsart Hand: (manuelle Bereichswahl)	Wechsel zum niedrigeren Bereich bis zum min. Bereich 32μΩ Führt das Kommando im Bereich 32μΩ nicht aus.	kurz lang
		Im unteren Teil des Displays wird der aktive Messbereich und der Text " Man " angezeigt.		
AUTO	kurz	In der Betriebsart Auto: (automatische Bereichswahl)	Schaltet nach <i>Hand</i> , ohne den Messbereich zu ändern.	kurz
		In der Betriebsart Hand: (manuelle Bereichswahl)	Schaltet nach <i>Auto</i> und wählt den für die Messung geeigneten Bereich.	kurz
		Im unteren Teil des Displays wird der aktive Messbereich und der Text " Aut " angezeigt.		
FUNC	kurz	Dieser Taster hat eine komplexe Funktion. Im Abschnitt „FUNC“ auf Seite 5 wird dies umfassend dargestellt.		kurz
		Der relative Messwert hat in absoluter Darstellung dieselbe Auflösung wie die Hauptmessung, während der Prozentwert eine Auflösung von 0.01% (Wert < 100%) und von 0.1% (Wert > 100.0%) hat.		
A/Z	kurz	Führt einen automatischen Nullabgleich des Geräts durch.		kurz
	lang	Wenn die Messung überlastet ist (Overload):	Führt das Kommando nicht aus.	lang
		Messwert <1000 Punkte:	Ermittelt den Wert und verwendet ihn für die Korrektur des Nullpunktes	kurz
	Messwert ≥1000 Punkte:	Führt das Kommando nicht aus.	lang	

CUR	kurz	Wenn der Messstrom in den Bereichen 320Ω bis $320\mu\Omega$ hoch ist:	Schaltet zur Messung mit niedrigem Messstrom.	kurz
		Wenn der Messstrom in den Bereichen 320Ω bis $320\mu\Omega$ niedrig ist:	Schaltet zur Messung mit hohem Messstrom.	kurz
		Im Bereich $32\mu\Omega$ beträgt der Messstrom immer 10A:	Führt das Kommando nicht aus.	lang
		Der Messstrom wird mit dem Text „ cur :“ oder „ CUR :“ angezeigt, abhängig davon, ob er niedrig oder hoch ist. Im Messbereich $32\mu\Omega$ hängt der angezeigte Text von der letzten Einstellung ab.		
BIP	kurz	Wenn die Messung überlastet ist (Overload):	Führt das Kommando nicht aus.	lang
		Wenn die Messung gültig ist:	Die Messungen werden mit direkter und inverser Polarität durchgeführt. Angezeigt wird der errechnete Mittelwert. Diese Anzeige wird „eingefroren“ (hold). In der Statuszeile des Displays blinkt der Text „ BiPl “.	kurz
	lang	Beendet Betriebsart <i>Bipolare Messung</i> .		kurz
FLT	kurz	Bei jedem Tastendruck wählen Sie einen unterschiedlichen Filterwert in der Sequenz 1-2-4-8-16-32-64-1-2-4 - aus.		kurz
BKL	kurz	Schaltet die Hintergrundbeleuchtung des Displays Ein/Aus.		kurz
		Wegen des hohen Energieverbrauchs der Hintergrundbeleuchtung wird empfohlen, sie im Batteriebetrieb, nur wenn erforderlich, einzuschalten.		
POL	kurz	Schaltet die Polarität der Messung von direkt nach invers und umgekehrt.		kurz
		In der Statuszeile des Displays erscheint der Text „ Dir “ oder „ Inv “.		
CFG	kurz	Wiederaufruf der gespeicherten Konfiguration (Messbereich, Filterwert, Messstrom, Automatik/Hand, kompensierte Messung und Hintergrundbeleuchtung).		kurz
	lang	Speichern der aktuellen Konfiguration des Messinstruments.		kurz
HOLD	kurz	Wenn das Messgerät nicht im Halten (<i>Hold</i>) ist:	Halten (Einfrieren) der Messung. Der Text „ Hold “ wird blinkend in der Statuszeile angezeigt. Aktiv sind nur die Taster FLT , BKL und CFG .	kurz
		Wenn das Messgerät im Halten (<i>Hold</i>) ist:	Beendet das Halten der Messung.	kurz

EINGÄNGE

Am Frontpanel gibt es vier Anschlussbuchsen, die für die Messung von kleinen und sehr kleinen Widerstandswerten nach der Kelvinmethode erforderlich sind.

A+ / A-

Strom- Anschlussbuchsen

Diese Anschlussbuchsen stellen den Messstrom zur Verfügung. Bei offenem Stromkreis liegt an den Anschlussbuchsen eine Spannung zwischen 2 V und 2.4 V, abhängig vom Ladezustand der Batterie und dem Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein der Netzversorgungsspannung.

V+ / V-

Spannungsanschlussbuchsen

Mithilfe der Spannungsanschlussbuchsen wird der Spannungsabfall über dem zu messenden Widerstand detektiert. Dies geschieht mit einer Empfindlichkeit, die im Messbereich $32\mu\Omega$ den Wert von 10nV erreicht.

GND

Masse- (Ground-) Anschlussbuchse

An der Rückseite des Geräts ist eine Standardlaborbuchse mit 4 mm Durchmesser montiert, die mit dem Gehäuse elektrisch leitend verbunden ist. Diese Buchse kann verwendet werden um das Gerät zu erden und so die Unterdrückung von Störungen aus der Umgebung zu verbessern.

Alternativ oder in Kombination kann an diese Laborbuchse auch der Schirm der Spannungsleitungen angeschlossen werden, wie es in Fig. 2 auf Seite 8 oder in Fig. 3 auf Seite 19 dargestellt wird.

LINE

Netzsteckverbinder

An der Rückseite des Geräts ist der Netzsteckverbinder angebracht. Er dient zum Anschluss des Geräts an das Stromnetz mit den Anschlusswerten $230V \pm 10\%$ 48-66Hz. Eingebaut ist ein Sicherungshalter, über den das Gerät mithilfe einer trägen Feinsicherung 5x20mm mit 200mA abgesichert wird.

COM

Kommunikations- Schnittstelle

Die Schnittstelle an der Rückseite ermöglicht den Anschluss des Gerätes an einen PC durch eine optisch isolierte Verbindung. Dies ermöglicht das Auslesen der Daten und das Auslesen und Verändern der Geräteeinstellungen.

ZUSÄTZLICHE INFORMATIONEN

In den fünf Bereichen des unteren Teils des Displays bietet die Statuszeile viele zusätzliche Informationen, die in der untenstehenden Tabelle zusammengefasst sind.

Sektor	Information	Anzeige	Anmerkung	Status der Anzeige
1	Messbereich	320Ω 32Ω 3200mΩ 320mΩ 32mΩ 3200μΩ 320μΩ 32μΩ	Ausgewählter Messbereich	permanent in allen Messbereichen
2	Messbereichs- umschaltung Automatik / Hand	Aut Man	Instrument in Betriebsart Auto (<i>Autorange</i>) Instrument in Betriebsart Hand (<i>Manual</i>)	permanent
3	Stromrichtung Direct / Invers	Dir Inv	Der Strom fließt von Buchse A+ nach A- Der Strom fließt von Buchse A- nach A+	permanent
4	Bipolar Halten Auto-Halten	BiPl Hold AHld Keine Anzeige	Bipolare Messung aktiv Instrument in Betriebsart Halten (<i>Hold</i>) Instrument in Betriebsart Auto-Halten (<i>Auto Hold</i>) Instrument ist nicht in Betriebsart Bipolar oder Halten oder Auto-Halten	blinkend blinkend blinkend
5	Ladezustand der Batterie	Keine Anzeige Batteriesymbol mit Anzeige des graduell abnehmendem Ladezustands Symbol einer leeren Batterie	Batterie OK Ladezustand der Batterie entsprechend der angezeigten Balkenhöhe im Batteriesymbol Vollständig entladene Batterie	permanent blinkend

TECHNISCHE DATEN

Spannungsversorgung	230V \pm 10%; 48-66Hz; Sicherung 200mA träge
Leistungsaufnahme	15VA
Batterie	Opt. Anzeige des Ladezustandes der Batterie
Batterie Autonomie	siehe Tab. 2
Messwertanzeige	Hintergrundbeleuchtetes Grafikdisplay 64x128 Pixel 62x44mm
Messpunkte	32000
Auffrischungsrate der Anzeige	5 Hz
Messbereiche	32,000 $\mu\Omega$, 320,00 $\mu\Omega$, 3200,0 $\mu\Omega$, 32,000m Ω , 320,00m Ω , 3200,0m Ω , 32,000 Ω , 320,00 Ω
Messbereichsauswahl	automatisch / manuell
Automatischer Wechsel der Skalierung	Höher schalten >31999 Punkte Tiefer schalten <3000 Punkte
Auflösung und Messstrom	siehe Tab. 1 AUFLÖSUNG UND MESSSTROM
Messgenauigkeit (@ 20°C) (Bereich 320 Ω ÷ 3200 $\mu\Omega$ hoher Strom)	\pm (0,05% + 0,001%/°C + 2 Digit)
Messgenauigkeit (@ 20°C) (Bereich 320 Ω ÷ 3200 $\mu\Omega$ niedriger Strom)	\pm (0,06% + 0,001%/°C + 3Digit)
Messgenauigkeit (@ 20°C) (Bereich 320 $\mu\Omega$ hoher Strom)	\pm (0,06% + 0,001%/°C + 3 Digit)
Messgenauigkeit (@ 20°C) (Bereich 320 $\mu\Omega$ niedriger Strom)	\pm (0,07% + 0,001%/°C + 5 Digit)
Messgenauigkeit (@ 20°C) (Bereich 32 $\mu\Omega$)	\pm (0,07% + 0,001%/°C + 5 Digit)
Rauschen (bezogen auf Eingang von 0,01Hz bis 0,1Hz)	200nV _{pp} mit Filter = 16 (FLT = 16)
Kompensation der Messleitungen / Nullabgleich	Kompensation des Spannungsabfalls im Messkreis und Nullabgleich auf bis zu \pm 1000 Digit
Aufwärmzeit nach dem Einschalten	Nach ca. 15 Minuten innerhalb einer Toleranz von \pm 0,3 μ V
Kompensationsbereich der Messung mit der Raumtemperatur (Ta)	0,0°C bis 50,0°C in Stufen von 0,1°C
Koeffizient der Temperaturkompensation	Kupfer (entsprechend der Norm CEI EN 60228:2005-10)
Nenntemperatur des Messgeräts	20,0°C (entsprechend der Norm CEI EN 60228:2005-10)
Maximale Ausgangsspannung an (A+) - (A-) (bei offenem Stromkreis)	2,20 V (im Batteriebetrieb) 2,40 V (im Netzbetrieb)
Filter	Mittelwert über 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 Messungen
Maximale Induktivität	35 Henry / 150 Ohm
Arbeitstemperatur	0 ÷ 50 °C
Lagertemperatur	-20 ÷ 60 °C
Gewicht	Ca. 4770 g
Abmessungen	243x89x285mm (B x H x T)

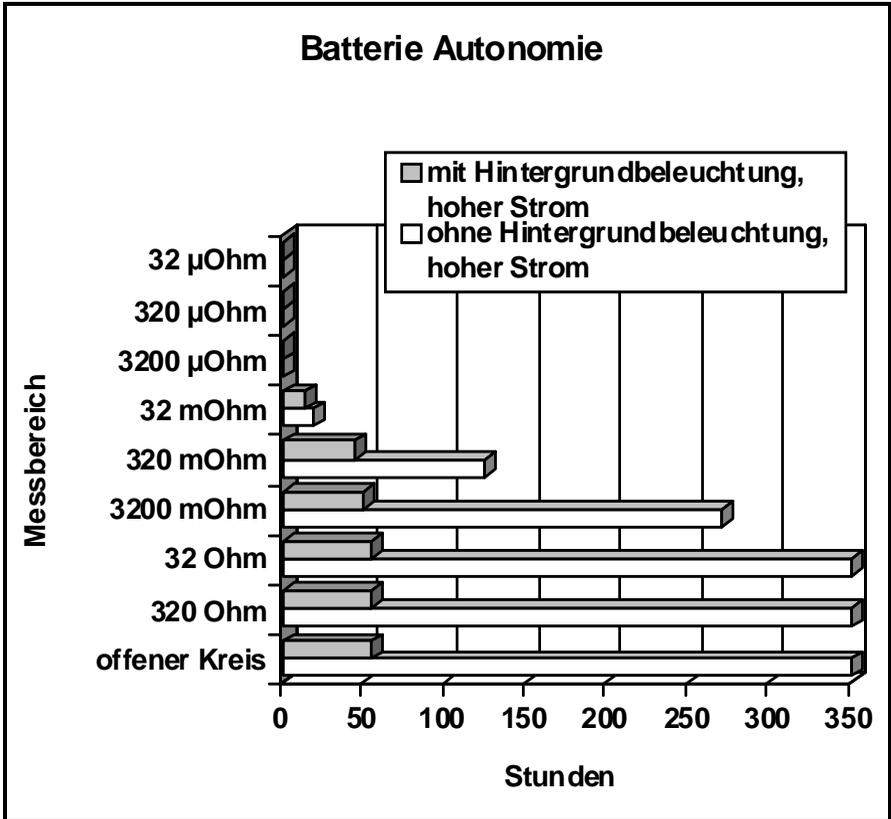
Die folgende Tabelle zeigt die Werte der Auflösung, Messstrom und maximale Verlustleistung durch den unbekanntem Widerstand abhängig vom gewählten Messbereich.

AUFLÖSUNG UND MESSSTRÖME					
Bereich	Auflösung (Widerstand)	Auflösung (Spannung)	Bereich (in V)	Strom (tief / hoch)	Maximalleistung
32 $\mu\Omega$	1n Ω ($10^{-9} \Omega$)	10nV	320 μ V	10A	3,2mW
320 $\mu\Omega$	10n Ω ($10^{-8} \Omega$)	10/100nV	0,32/3,2mV	1/10A	320 μ W/32mW
3200 $\mu\Omega$	100n Ω ($10^{-7} \Omega$)	0,1/1 μ V	3,2/32mV	1/10A	3,2/320mW
32m Ω	1 $\mu\Omega$ ($10^{-6} \Omega$)	0,1/1 μ V	3,2/32mV	0,1/1A	0,32/32 mW
320m Ω	10 $\mu\Omega$ ($10^{-5} \Omega$)	0,1/1 μ V	3,2/32mV	10/100mA	32 μ W/3,2mW
3200m Ω	100 $\mu\Omega$ ($10^{-4} \Omega$)	0,1/1 μ V	3,2/32mV	1/10mA	3,2/320 μ W
32 Ω	1m Ω ($10^{-3} \Omega$)	0,1/1 μ V	3,2/32mV	0,1/1mA	0,32/32 μ W
320 Ω	10m Ω ($10^{-2} \Omega$)	0,1/1 μ V	3,2/32mV	10/100 μ A	32nW/3,2 μ W

Tab. 1 Übersichtstabelle von Auflösung, Empfindlichkeit, Messstrom und die maximale Verlustleistung des unbekanntem Widerstands in Abhängigkeit vom gewählten Bereich.

Um zu verhindern, dass übermäßige Erwärmung im Inneren des Instruments zu Drift bei der Messung führen kann, gerade wenn in den beiden unteren Bereichen ein hoher Messstrom verwendet wird, wird der Batterieladestrom auf etwa 1A begrenzt, wenn das Gerät eingeschaltet ist. Er beträgt 2A, wenn es ausgeschaltet ist. Deshalb ist die volle Ladung bei abgeschaltetem Gerät nach ca. 20 Stunden erreicht, während, bei eingeschaltetem Gerät die Ladezeit je nach ausgewähltem Bereich und der Einschaltdauer der Hintergrundbeleuchtung erheblich variieren kann. Für den Messstrom von 1A und eingeschalteter Hintergrundbeleuchtung kommt es zu einer leichten Entladung der Batterie, die bei einem Messstrom von 10A etwa in einer Stunde entladen wird.

Die folgende Grafik stellt die Autonomie der Batterie in Abhängigkeit des gewählten Messbereichs und ob die Hintergrundbeleuchtung des Displays ein- oder ausgeschaltet ist dar.



Tab. 2 Die Grafik stellt die Autonomie der Batterie in Abhängigkeit des gewählten Messbereichs und des Status der Hintergrundbeleuchtung dar.

HINWEISE ZUR DURCHFÜHRUNG VON MESSUNGEN

POTENZIALE DER ANSCHLUSSSTELLEN

Nach dem Einschalten des Messgeräts ist es empfehlenswert, vor der Durchführung der ersten Messung mindestens 10 Minuten zu warten. Dies ermöglicht die erforderliche gleichmäßige Aufwärmung der Komponenten des Nanoohmmeters.

Bei der Durchführung der Messung ist es erforderlich, dass das zu messende Objekt gemäß des in Fig. 3 dargestellten Messaufbaus an das Nanoohmmeter anzuschließen, um die besten Messergebnisse zu erreichen. So wird vermieden, dass der im Stromkreis auftretende Spannungsabfall an den Übergangswiderständen der Anschlussstellen mit einer makroskopischen Verfälschung der Messergebnisse einhergeht.

Mit Kelvin- Messleitungen tritt dieses Problem nicht auf. Durch die zwei Abgreifklemmen, die so an den Enden angeschlossen sind, dass die Kontaktwiderstände die Messung nicht beeinträchtigen.

Eine andere Fehlerquelle kann das Kontaktpotenzial sein, das auftritt, wenn zwei unterschiedliche Metalle verbunden werden.

Um den Einfluss dieses physikalischen Phänomens zu minimieren, müssen Sie versuchen, beide Anschlussstellen des zu messenden Widerstands auf die gleiche Art anzuschließen. Dies gilt sowohl für den Zustand der Oberflächen (poliert, oxidiert, schmutzig, etc..), das Material (unterschiedliches Material der Anschlüsse des unbekanntes Widerstand), als auch die unterschiedliche Temperatur der Anschlusspunkte des Elements bei der Messung.

Wenn die beiden Kontaktstellen in vergleichbarer Art ausgeführt sind, heben sich beide Effekte gegenseitig auf und höchstens ein Potenzial, das gleich der Differenz der beiden ist, tritt auf. Wenn dieser Effekt über die Zeit konstant bleibt, ist es ausreichend, ihn einmalig zu kompensieren, falls nicht, sollte in

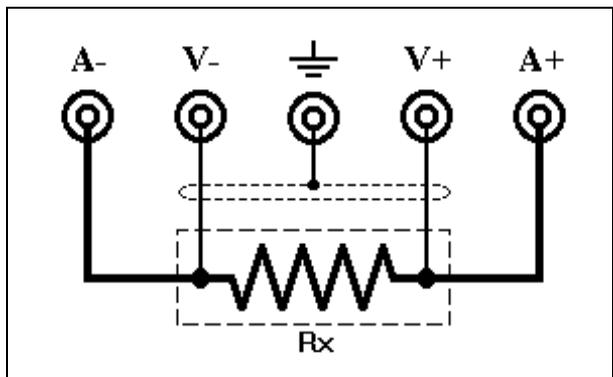


Fig. 3 Anschlusschema für die Vierdrahtmessung eines niederohmigen Widerstands.

regelmäßigen Abständen durch Drücken des A/Z Tasters ein Nullabgleich durchgeführt werden.

Die erwähnte Änderung ist vor allem auf Temperaturschwankungen zwischen beiden Anschlusspunkten, der Spannungs sonden am unbekanntem Widerstand, zurückzuführen. Der einzige Weg, um eine stabile und zuverlässige Messung zu erhalten ist es, unmittelbar nach einem Nullabgleich darauf zu achten, dass jede Schwankung in der Temperaturdifferenz der beiden Kontaktpunkte vermieden wird.

All die oben erwähnten Phänomene sind im Absolutwert sicherlich gering (im Allgemeinen einige Zehntel Mikrovolt), aber leider sind sie mehr als durch Instrumente ähnlicher Empfindlichkeit nachweisbar sind. Deshalb ist es wichtig, einige grundlegende und wichtige Vorsichtsmaßnahmen zu treffen, um eine gute Qualität der Messungen zu erhalten. Die wichtigsten, aber nicht die einzigen, sind:

- Reinigen Sie die Oberflächen der Anschlüsse des unbekanntem Widerstands und der Messleitungen von Öl, Wasser, Oxiden usw.
- Wenn der Querschnitt der Stromleitungen kleiner oder gleich 4mm^2 ist, müssen diese den gleichen Querschnitt aufweisen, um zu verhindern, dass eine unterschiedliche Erwärmung durch den Joule-Effekt, einen Drift der Messung über die Zeit bewirkt. In jedem Fall wird dringend empfohlen, dass Sie Kabel mit nicht weniger als 6mm^2 verwenden, wenn Sie in den unteren Bereichen von $3200\mu\Omega$, $320\mu\Omega$ and $32\mu\Omega$ messen.
- Warten Sie, bis sich das Messobjekt abgekühlt hat.
- Vermeiden Sie auf jeden Fall auch eine nur geringe Erwärmung/ Abkühlung eines Anschlusses des Widerstands, der relativ zu einander gemessen werden soll.
- Vermeiden Sie den Kontakt der Messleitungen mit unterschiedlichen Magnetfeldern, da dies zur Verfälschung der Messwerte führen kann.
- Führen Sie immer einen automatischen Nullabgleich und gegebenenfalls eine Kompensation der Messleitung vor der Messung durch und warten Sie mindestens 10 Minuten nach dem Einschalten der Stromversorgung, bevor Sie das Gerät verwenden, wenn es auf hohe Genauigkeit und Stabilität der Messwerte ankommt.
- Führen Sie immer einen automatischen Nullabgleich durch, wenn Sie in den Bereichen $3200\mu\Omega$, $320\mu\Omega$ und $32\mu\Omega$ messen oder die Messleitungen an einem anderen Widerstand anschließen.
- Ändern Sie den Messpunkt nicht, nachdem Sie einen Nullabgleich durchgeführt haben.

Da das Kontaktpotenzial von Punkt zu Punkt unterschiedlich sein kann, ist es wichtig, die Messpunkte nach einem Nullabgleich nicht zu verschieben, um die genauesten Ergebnisse zu erhalten, auch wenn von diesen angenommen

wird, dass sie das gleiche Potenzial haben. Ändern Sie nie die elektrische Verbindung der Spannungsanschlüsse zwischen Nullabgleich und der Messung.

VERWENDEN DER METHODE BIPOLARE MESSUNG

Wenn anzunehmen ist, dass möglicherweise unsymmetrische Kontaktpotenziale an den Eingangsklemmen vorhanden sind, die somit nicht durch einen einfachen automatischen Nullabgleich eliminiert werden können, kann die Verwendung des bipolaren Messmodus Abhilfe schaffen. Da für jede Aktualisierung des dargestellten Messwerts mehrere Messungen mit direkter und umgekehrter Richtung des Messstroms durchgeführt werden und anschließendem Stopp des Messzykluses, ist diese Betriebsart prinzipbedingt sehr langsam und daher sollte sie nur bei Bedarf verwendet werden, oder um zu überprüfen, ob tatsächlich asymmetrisch Potenziale vorhanden sind. Dies kann durch das Vergleichen des Ergebnisses einer bipolaren Messung (die in der Theorie die richtige ist) mit dem Ergebnis einer Messung, die nach einem Nullabgleich durchgeführt wird, erreicht werden.

Vergessen Sie jedoch nicht, dass ein Unterschied von ein paar Digits möglich und normal ist. Es kann demnach nicht erwartet werden, dass auch im Falle der Abwesenheit von Kontaktpotenzialen oder wenn diese symmetrisch sind, eine perfekte Übereinstimmung der Werte erreicht werden kann.

Da die Asymmetrie der Kontaktpotenziale in der Regel durch verschiedene Ursachen hervorgerufen wird, kann auch ihr Drift und ihr Rauschen unterschiedlich sein. Dies kann zu einer Änderung während der Messung, besonders im Vergleich zur Messung mit symmetrischen Kontaktpotenzialen führen, die sich gemäß Definition gegenseitig aufheben. Wenn eine Asymmetrie der Kontaktpotenziale vorhanden ist, aber weiterhin der normale Messmodus (nicht bipolar) verwendet wird, sei angemerkt, dass die Korrektur (Nullabgleich), die durchgeführt wird, nicht über die Zeit konstant sein könnte. Auch unter Berücksichtigung eines asymmetrischen Rauschens der Amplitude, das aus verschiedenen Gründen vorhanden, und deswegen umso schwieriger beherrschbar ist, empfehlen wir bei einem bipolaren Messlauf mindestens einen Filter von 16 zu verwenden. Es hilft, die Schwankungen in den Messergebnissen weiter zu reduzieren.

Wie die Bipolare Messung aktiviert/deaktiviert werden kann, wurde bereits im Abschnitt „**BIP**“ Taster erklärt.

MESSUNG IM BEREICH $32\mu\Omega$

Da der Bereich von $32\mu\Omega$ eine Empfindlichkeit von nur 10nV (entsprechend etwa $1/1000$ des Signals eines Thermoelements bei einer Temperaturänderung von 1°C) hat, darf die Anwendung nur auf erfahrene

Personal übertragen werden, das in der Lage ist, diese Phänomene, die auftreten können, zu bewerten, da es ansonsten zu unzuverlässigen Messungen kommen kann. Es ist notwendig, sehr sorgfältig auf Temperaturgradienten sowohl der Umgebung als auch des zu messenden Widerstands zu achten. Sie müssen geeignete Anschlusspunkte mit ausreichender mechanischer Festigkeit am Messobjekt wählen. Vermeiden Sie jegliche Luftströmung, teilweise Beleuchtung (die lokale Erwärmung hervorruft), magnetische Felder, etc..

Es ist absolut ratsam, mit den Messungen frühestens 15 Minuten nach dem Einschalten des Geräts zu beginnen. Dies erlaubt es, ein angemessenes thermisches Gleichgewicht der Komponenten des Instruments zu erreichen.

Hier gibt es zwei mögliche Strategien der Messung, die jeweils entsprechend die thermische Trägheit und die thermische Einschwingzeit der Komponenten nutzen. Der Messstrom von 10A bewirkt eine Erwärmung und damit unerwünschten Temperaturdrift aufgrund der thermischen Phänomene, jedoch erfolgt die Ausbreitung relativ langsam und stabilisiert sich nach etwa 15 ÷ 20 Minuten.

Hier hat man die Möglichkeit, die Messung schnell durchzuführen und die thermische Trägheit zu nutzen, bevor es zu einer Wärmeausbreitung kommt.

Wenn es stattdessen erforderlich ist, die Messung über einen längeren Zeitraum durchzuführen, sollte der thermische Ausgleich abgewartet werden.

Bitte beachten Sie, dass der thermische Drift etwa $\pm 0,3\mu\text{V}$ (entsprechend ± 30 Digits) betragen kann, mit einer Änderung von etwa 0.5 bis 1.5nV/sec. Schwankungen um 100 bis 200 Digits sind normal, einschließlich Rauschen, thermischem Einschwingen und Kontaktpotenzialen.

Eine Möglichkeit, um den Drift und die Einschwingzeit zu minimieren ist es, die Verlustleistung des Gerätes zu reduzieren, indem man es nur mit Batterien betreibt, nachdem sie vorher geladen wurden.

Vermeiden Sie auf jeden Fall Kühlluftzirkulation, die sicherlich zu Verfälschungen durch Temperaturschwankungen führen würde.

Auch das Rauschen sowohl der Umgebung, als auch geräteintern sollte nicht unterschätzt werden. Letzteres wird in der Regel typischerweise etwa $\pm 200\text{nV}$ in einem Zeitraum von 1 Minute entsprechen. Um die kurzzeitigen Schwankungen zu reduzieren ist es empfehlenswert, einen hohen Filterwert von 32 oder 64 zu verwenden. In jedem Fall sollte in den Messbereichen $320\mu\Omega$ und $32\mu\Omega$ der minimale Filterwert 8 sein.

Wegen der elektromagnetischen Störungen könnte die Messung in einem Faraday-Käfig oder reflektionsfreien Raum durchgeführt werden. Das Gerät sollte mithilfe der rückseitigen Erdungsbuchse auf möglichst kurzem Weg mit der Erdschiene verbunden werden.

Wenn das alles übertrieben scheint, beachten Sie bitte, dass die Messungen mit Auflösungen von $1\text{n}\Omega$ auf jeden Fall sehr nahe an der Messgrenze sind. Wesentlich unter $0,1\text{n}\Omega$ kann man nicht mehr nach unten

gehen. Es wird auch empfohlen, bei Messungen mit niedrigem Messstrom (möglich in allen Bereichen außer $320\mu\Omega$ und $32\mu\Omega$) zu beachten, dass die Auflösung der Ausgangsspannung nur $0,1\mu\text{V}$ beträgt.

ELEKTROMAGNETISCHE FELDER

Andere Gründe für Instabilitäten oder fehlerhafte Messungen oder beim Nullabgleich (zeroing) sind möglicherweise vorhandenen magnetischen Feldern zuzuschreiben. Diese können elektrisches Rauschen (noise) induzieren und so den DC- Pegel des Signals verschieben. Der beste Weg, diesen Einfluss zu minimieren ist es, die Leitungen für die Spannungsmessung und den Stromkreis möglichst kurz auszuführen und sicherzustellen, dass sie nicht wackeln oder vibrieren, gerade in der Nähe von statischen Magnetfeldern. Dies würde das Auftreten von induzierten Spannungen mit einer Amplitude und einer Frequenz abhängig von der Bewegung verursachen.

STROMLEITUNGEN MIT UNZUREICHENDEM QUERSCHNITT

Eine weitere Fehlerursache, die nur in den Messbereichen $3200\mu\Omega$, $320\mu\Omega$ und $32\mu\Omega$ auftritt, ist ein ungenügender Querschnitt der Stromleitungen. Wenn der Querschnitt geringer als 6 mm^2 ist oder die Leitungen im Verhältnis zu lang sind, kommt es zu einem übermäßigen Spannungsabfall auf den Messleitungen, die der Messverstärker nicht mehr sauber kompensieren kann. Bei den mitgelieferten Messleitungen liegt der Fehler üblicherweise im Bereich kleiner als 2 bis 4 Digits. Abhilfe kann durch das Verwenden von Leitungen mit höherem Querschnitt, die möglichst kurz sein sollen, geschaffen werden.

Wenn Leitungen verwendet werden, die hohen Spannungsabfall haben, so dass die Kompensation erforderlich ist, um den Fehler zu reduzieren, beachten Sie die Anweisungen auf Seite 8 im Abschnitt Nullabgleich.

LANGSAMKEIT DER MESSUNG

Es scheint manchmal, dass das Gerät sich langsam verhält. Der Grund dafür ist der gewählte, hohe Filterwert. Je höher dieser Wert ist, desto länger braucht das Gerät, um die Serie der Messungen am unbekanntem Widerstand durchzuführen.

MESSUNG VON ELEMENTEN MIT HOHER INDUKTIVITÄT

Das Nanoohmmeter **20024** eignet sich auch für die Messung des resistiven Anteils hochinduktiver Elemente, wie zum Beispiel Transformatoren mit einer Leistung von mehr als 1 MVA. Um die Zerstörung oder eine Fehlfunktion des Gerätes zu vermeiden, ist es empfehlenswert, eine Diode parallel zum Messobjekt (dem unbekanntem Widerstand) zu schalten, wie es in Fig. 4 auf der nächsten Seite dargestellt wird.

Eine Schutzdiode sollte jedoch nur eingesetzt werden, wenn es wegen der induktiven Lasten erforderlich ist, da es in höheren Messbereichen dazu kommen kann, dass der Sperrstrom (reverse current) dieser Diode das Messergebnis verfälscht.

Um die Bereiche von 320Ω bis $320m\Omega$ zu schützen, ist es ausreichend, eine Diode vom Typ 1N4004 oder eine vergleichbare einzusetzen, die Ströme bis zu 1A standhält. Für die kleineren Messbereiche (von $32m\Omega$ bis $32\mu\Omega$) ist es empfehlenswert, eine Diode einzusetzen, die entsprechend höheren Strömen standhält.

Ihre Funktion ist vor allem den amperometrischen Stromkreis zu schützen. Der Spannungskreis ist gegen dauerhafte Differenzspannungen bis $\pm 35V$ geschützt und bei Spannungspulsen bis zu 1 Sekunde $\pm 100V$.

ACHTUNG:

Bei jeder Messung ist sicherzustellen, dass das zu messende Element frei ist von jeglicher Fremdspannung und Fremdströmen, da das Gerät beschädigt werden kann, wenn an den Gerätebuchsen Fremdspannungen anliegen. Besonders ist darauf zu achten, dass keine direkte Verbindung mit dem Netz besteht.

SCHUTZ VOR ÜBERSPANNUNG UND ÜBERSTROM

Das Gerät ist mit ausreichendem Schutz gegen Spannungsspitzen an den Spannungseingängen ausgestattet, wie in den technischen Daten angegeben, erfordert aber im Fall der Messung von vorwiegend induktiven Elementen eine externe Schutzdiode. Eine solche Diode, wie im vorherigen Abschnitt gezeigt, ist völlig ausreichend, um den Generatorstromkreis zu schützen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass das Gerät in der Lage ist, elektrischen Belastungen standzuhalten, wie sie beim Anschluss an Motoren oder Transformatoren vorkommen, wenn diese an die Stromversorgung angeschlossen sind, vor allem, wenn dies das Stromnetz ist. Die elektrische Leistung, die in diesem Fall im Spiel wäre, liegt weit über der tolerierbaren Schwelle der internen und externen Schutzschaltung des Nano-ohmmeters. Das Gerät würde erheblich beschädigt.

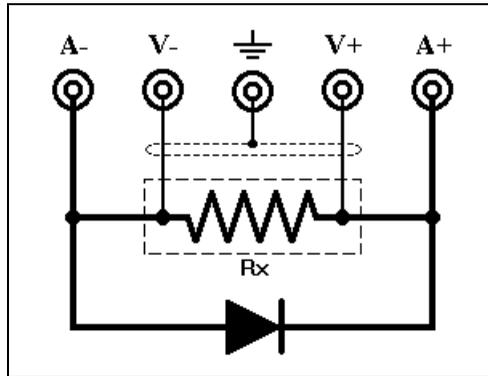


Fig. 4 Anschlussschema der Schutzdiode parallel zu einem stark induktiven Element. Beachten Sie die Einbaurichtung der Diode.

ACHTUNG:

Es ist wichtig, dass die Schutzdiode parallel zum induktiven Element und nicht zwischen den Anschlussklemmen für Strom und Spannung angeschlossen wird, sonst ist es beim Abklemmen der Stromleitungen nicht möglich, die entstehende starke Spannungsspitze zu eliminieren. Der Funke kann Spannungen von tausenden Volt erreichen und einige elektronische Schaltungen des Stromgenerators irreparabel beschädigen.

SCHNITTSTELLE

ALLGEMEIN

Das Nanoohmmeter 20024 wird standardmäßig mit einer optisch isolierten USB-Schnittstelle ausgestattet. Mit dem optionalen Schnittstellenadapter, der einem Steckverbinder RS232 9 Pin ähnlich sieht, können Sie das Gerät an einen PC anschließen, um die folgenden Informationen zu erhalten:

- ▶ *Messwert*
- ▶ *relativer Messwert*
- ▶ *temperaturkompensierter Messwert*
- ▶ *Raumtemperatur für die Kompensation der Messung*
- ▶ *Gerätestatus (Messbereich, Filterwert, dargestellte Anzeige, Messstrom, Hintergrundbeleuchtung, usw.).*

Sie können auch:

- ▶ *die Raumtemperatur für die Temperaturkompensation einstellen*
- ▶ *das Setup für das Gerät ändern*

Dies alles kann mit nur zwei Befehlen durchgeführt werden:

Mit einer Leseanforderung stellt das Gerät alle Informationen zur Verfügung, indem es eine Reihe von 13 Bytes überträgt, gefolgt von einem vierzehnten Byte, der Prüfsumme.

- *Mit einem Schreibbefehl, gefolgt von einer Reihe von 5 Bytes, die das neue Setup repräsentieren, gefolgt von einem siebten Byte, der Prüfsumme.*

LESEN DER DATEN

Wird ein einzelnes Anfrage-Byte mit dem Wert 00H gesendet, so reagiert das Gerät, indem es 13 Bytes mit Daten ausgibt, gefolgt von einem Prüfsummen-Byte, wie in der folgenden Tabelle dargestellt. Die ersten 5 Bytes können gelesen und geschrieben werden oder sind Bytes, die an das Instrument beim Anfordern von Änderungen des Setups gesendet werden. Weitere Details werden in Abschnitt **SCHREIBEN DES SETUP** angegeben.

Einige Daten werden als Bytes (Bereich, Filterwert und Seriennummer), die anderen in Form von Worten als ein Satz von zwei Bytes (die Hauptmessung, Relativmessungen, kompensierte Messung und Raumtemperatur-Kompensation) und wieder andere, als ein Satz von Flags mit Feldern aus einem oder zwei Bits dargestellt.

BEFEHL ZUM LESEN DER DATEN = 00H			
# Byte	Definition	Datentyp	lesen / schreiben
1	höheres Byte der Raumtemperatur für die Kompensation	Word	lesen + schreiben
2	niedriges Byte der Raumtemperatur für die Kompens.		
3	Messbereich	Byte	lesen + schreiben
4	Filter	Byte	lesen + schreiben
5	Status1	Flag	lesen + schreiben
6	Status2	Flag	lesen
7	höheres Byte der Hauptmessung (Absolutwert)	Word	lesen
8	niedriges Byte der Hauptmessung (Absolutwert)		
9	höheres Byte des Relativwerts (Absolutwert)	Word	lesen
10	niedriges Byte des Relativwerts (Absolutwert)		
11	höheres Byte des temperaturkompens. Messwerts	Word	lesen
12	höheres Byte des temperaturkompens. Messwerts		
13	Seriennummer des Geräts	Byte	lesen
14	Prüfsumme	Byte	lesen

Nachfolgend wird im Detail erklärt, wie die gelesenen Daten zu interpretieren sind:

Byte 1-2 Raumtemperaturwert für die Kompensation

Repräsentiert den Wert der Temperatur, der für die Kompensation der Messung verwendet wird. Er wird ohne Dezimalpunkt dargestellt oder anders ausgedrückt in zehntel Grad:

Wenn die Umgebungstemperatur z.B. auf 27,4°C gestellt wird, ist der Wert entsprechend 274.

Um den Wert zu erhalten, ist folgende Berechnung durchzuführen:

$$\text{Temperaturwert} = \text{Byte1} * 256 + \text{Byte2}$$

Sie können gelesen und geschrieben werden.

Byte 3 Messbereich

Dieses Byte beinhaltet den zugehörigen Code des gewählten Messbereichs, wie in der nebenstehenden Tabelle dargestellt.

Es kann gelesen und geschrieben werden.

Messbereich	
Code	Bereich
0	32μΩ
1	320μΩ
2	3200μΩ
3	32mΩ
4	320mΩ
5	3200mΩ
6	32Ω
7	320Ω

Byte 4 Filter

Dieses Byte beinhaltet den zugehörigen Code des gewählten Filters, wie in der nebenstehenden Tabelle gezeigt.

Es kann gelesen und geschrieben werden.

FILTER	
Code	Filter
0	1
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64

Byte 5 Status 1

Dieses Byte besteht aus 7 Feldern, die die Geräteeinstellungen definieren.

Es kann gelesen und geschrieben werden.

Status 1			
# Bit	Wertigkeit	Beschreibung	Wert
0	1	Angezeigte Messung	0 = Messwert + Balkengrafik
1	2		1 = Messwert + Balkengrafik + absoluter und relativer Verhältniswert 2 = Einstellung der Raumtemperatur 3 = Messwert mit Temperaturkompensation + Messwert + Raumtemperatur
2	-	Messstrom	0 = niedriger Strom 1 = hoher Strom
3	-	Hintergrundbeleuchtung	0 = Aus 1 = Ein
4	-	Messstrom vorwärts/ rückwärts (direct/inverse)	0 = Messstrom vorwärts 1 = Messstrom rückwärts
5	-	Vorwahl Messbereich hand/ auto (man/aut)	0 = Hand (man) 1 = Automatisch (aut)
6	-	Messung aktiv / halten	0 = aktiv (active) 1 = halten (hold)
7	-	Messung aktiv / nullen (active / zeroing)	0 = aktiv (active) 1 = nullen (zeroing)

Byte 6 Status 2

Dieses Byte besteht aus 6 Feldern, die den weiteren Gerätestatus abbilden.
Es kann nur gelesen werden.

Status 2			
# Bit	Wertigkeit	Beschreibung	Wert
0	1	Bipolare Messung	0 = Messung nicht bipolar
1	2		1 = bipolare Messung 2 = bipolare Messung im Halten 3 = <i>nicht verwendet</i>
2	1	Messung Überlastet (Overload)	0 = keine Überlastung
3	2		1 = positive Überlastung 2 = negative Überlastung 3 = <i>nicht verwendet</i>
4	-	Vorzeichen der Messung	0 = positive Polarität (+) 1 = negative Polarität (-)
5	-	Vorzeichen der relativen Messung	0 = positive Polarität (+) 1 = negative Polarität (-)
6	-	<i>nicht verwendet</i>	
7	-	<i>nicht verwendet</i>	

Byte 7-8 Messwert

Repräsentieren den Absolutwert der Messung und wird ohne Kommas oder Einheiten dargestellt. Die korrekte Darstellung wird bestimmt entsprechend dem gewählten Messbereich und Bit 4 von *Status 2*.

Angenommen der Messwert beträgt 217,43mΩ (Messbereich Code = 4), der Wert der in beiden Bytes enthalten ist, entspricht 21743.

Der Wert aus den Inhalten der beiden Bytes berechnet sich wie folgt:

$$\text{Messwert} = \text{Byte7} * 256 + \text{Byte8} \text{ (Absolutwert)}$$

Diese Variable kann nur gelesen werden.

Byte 9-10 Relativer Messwert

Repräsentieren den Absolutwert der relativen Messung und wird ohne Kommas oder Einheiten dargestellt. Die korrekte Darstellung wird bestimmt entsprechend dem gewählten Messbereich und Bit 5 von *Status 2*.

Angenommen der Messwert beträgt -1,09 μΩ (Messbereich Code = 1), der Wert der in beiden Bytes enthalten ist, entspricht 109.

Der Wert aus den Inhalten der beiden Bytes, berechnet sich wie folgt:

$$\text{Relativer Messwert} = \text{Byte9} * 256 + \text{Byte10} \text{ (Absolutwert)}$$

Diese Variable kann nur gelesen werden.

Byte 11-12 Raumtemperaturkompensierter Messwert

Die beiden Bytes repräsentieren den raumtemperaturkompensierten Messwert. Dieser wird ohne Kommas und Einheiten dargestellt.

Die korrekte Darstellung wird entsprechend dem gewählten Messbereich und Bit 4 von *Status 2* bestimmt.

Wenn der Messwert z.B. 1698,2μΩ beträgt (Messbereichs-Code = 2), steht in den beiden Bytes der Wert 16982.

Der Wert berechnet sich wie folgt:

$$\text{Temperaturkompensierter Messwert} = \text{byte11} * 256 + \text{byte12} \text{ (Absolutwert)}$$

Diese Variable kann nur gelesen werden.

Byte 13 Seriennummer

Ist die Seriennummer des Geräts.

Diese Variable kann nur gelesen werden.

Byte 14 Prüfsumme

Ist die algebraische Summe der dreizehn Datenbytes, wobei nur das untere Byte dargestellt wird. Der Rest wird abgeschnitten.

Wenn die Summe der Bytes z.B. 07A2H ergibt (07A2 Wert in hexadezimaler Darstellung), ist der Wert dieses Bytes A2H.

Diese Variable kann nur gelesen werden.

SCHREIBEN DES SETUP

Das gesamte Setup des Gerätes wird durch Senden des Befehls-Byte 08H, gefolgt von den selben ersten fünf Bytes, die beim Lesen empfangen werden, mit den gewünschten Änderungen des Setup, auf einmal geschrieben.

Es ist wichtig, dass, unabhängig davon, wie viele und welche Bytes geändert werden sollen, alle fünf Bytes, (wie in unten stehender Tabelle aufgelistet) nach dem Befehls-Byte 08H, gefolgt vom siebten und letzten Byte, dem Prüfsummen-Byte, übertragen werden.

Sie sollten auf jeden Fall berücksichtigen, wenn Sie das Setup ändern wollen, zuerst das Lesen durchzuführen, so erhalten Sie die aktualisierte Position im letzten Moment des Status und des Setup des Gerätes.

WRITE COMMAND = 08H			
# Byte	Definition	Datentyp	lesen/ schreiben
1	08H (Schreibbefehl)	Byte	schreiben
2	höheres Byte der Raumtemperatur für die Kompensation	Word	lesen + schreiben
3	niedriges Byte der Raumtemperatur für die Kompens.		
4	Messbereich	Byte	lesen + schreiben
5	Filterwert	Byte	lesen + schreiben
6	Status1	Flag	lesen + schreiben
7	Prüfsumme	Byte	schreiben

Nachfolgend wird im Detail erklärt, wie die zu sendenden Daten zu interpretieren sind:

Byte 1 Befehl zum Schreiben

Ist der konstante Wert 08H.

Byte 2-3 Raumtemperatur für die Kompensation

Es hat genau die gleiche Bedeutung und Darstellungsweise wie im Abschnitt Lesen von Daten gezeigt.

Gültig sind Werte von 0 bis einschließlich 50.0°C. Werte außerhalb dieser Grenzen werden vom Gerät nicht berücksichtigt.

Angenommen, Sie möchten einen Raumtemperaturwert von 31,2°C senden, ist es erforderlich, den Wert 312, in hexadezimal, als 0138H, wie folgt dargestellt wird:

byte2 = 01H

byte3 = 38H

Byte 4 Messbereich

Es hat genau die gleiche Bedeutung und Darstellungsweise wie in der Tabelle Messbereich gezeigt.

Gültig sind Werte von 0 bis einschließlich 7. Werte außerhalb dieser Grenzen werden vom Gerät nicht berücksichtigt.

Wenn sich der neue Messbereich vom vorhergehenden unterscheidet, wird das Gerät in die Betriebsart manuelle Bereichswahl umgeschaltet und die eventuell laufende relative Messung wird beendet. Angezeigt wird nur die Hauptmessung und die Balkengrafik.

Byte 5 Filter

Es hat genau die gleiche Bedeutung und Darstellungsweise wie in der Tabelle Filter gezeigt.

Gültig sind Werte von 0 bis einschließlich 6. Werte außerhalb dieser Grenzen werden vom Gerät nicht berücksichtigt.

In den beiden unteren Bereichen ($320\mu\Omega$ und $32\mu\Omega$) werden alle Filterwerte < 3 zu 3 geschrieben, um eine adäquate Filterung des Rauschens sicherzustellen.

Byte 6 Status 1

Dieses Byte besteht aus einem Satz von Flags, wobei jedes Bit unabhängig von allen anderen geändert werden kann.

Status 1			
# Bit	Wertigkeit	Beschreibung	Wert
0	1	Dargestellte Messung	0 = Messwert + Balkengrafik
1	2		1 = Messwert + Balkengrafik + absoluter und relativer Verhältniswert 2 = Einstellung der Raumtemperatur 3 = Messwert mit Temperaturkompensation + Messwert + Raumtemperatur
2	-	Messstrom	0 = niedriger Strom 1 = hoher Strom
3	-	Hintergrundbeleuchtung	0 = Aus 1 = Ein
4	-	Messstrom vorwärts/ rückwärts (direct/inverse)	0 = Messstrom vorwärts 1 = Messstrom rückwärts
5	-	Vorwahl Messbereich hand/ auto (man/aut)	0 = Hand (man) 1 = Automatisch (aut)
6	-	Anfrage zum Speichern der Konfiguration	0 = Nein, keine Anfrage 1 = ja, Konfiguration speichern
7	-	Messung aktiv / nullen (active / zeroing)	0 = aktiv (active) 1 = nullen (zeroing)

Byte 7 Prüfsumme

Ist die algebraische Summe der sechs Datenbytes (das Befehlsbyte eingeschlossen), wobei nur das untere Byte dargestellt wird. Der Rest wird abgeschnitten.

Wenn die Summe der Bytes z.B. 02FBH ergibt (02FB Wert in hexadezimaler Darstellung), ist der Wert dieses Bytes FBH.

TESTZERTIFIKAT

GERÄTETYP 20024
SERIENNUMMER DES GERÄTS . . . _____
BATTERIE OK
USB-SCHNITTSTELLE OK
TEMPERATUR DER KALIBRIERUNG . . . _____

MESS- BEREICH	REFERENZ- WIDERSTAND	MESSWERT	GENAUIGKEIT (hoher/niedriger Strom)	ERGEBNIS
320Ω			0,5 ‰ / 0,6 ‰	OK
32Ω			0,5 ‰ / 0,6 ‰	OK
3200mΩ			0,5 ‰ / 0,6 ‰	OK
320mΩ			0,5 ‰ / 0,6 ‰	OK
32mΩ			0,5 ‰ / 0,6 ‰	OK
3200μΩ			0,5 ‰ / 0,6 ‰	OK
320μΩ			0,6 ‰	OK
32μΩ			0,7 ‰	OK

TEST RAUSCHEN OK
TEST EMC OK
TEST BURN-IN OK
BEDIENUNGSANLEITUNG, KABEL, SOFTWARE OK

Hiermit wird bescheinigt, dass das Gerät den technischen Spezifikationen diesbezüglich entspricht, wie in den Spezifikationen aufgeführt.

Datum _____ Verantwortlicher _____ Prüfer _____

KONFORMITÄTSERKLÄRUNG

Die Firma PEDRANTI ELIO, Via Cesare Battisti 33/B, Cardano al Campo - Varese, Italia, erklärt in eigener Verantwortung, dass das Gerät **20024**, auf das sich diese Erklärung bezieht, konform ist mit den Regeln gemäß der Richtlinie CEE89/336.

Cardano al Campo, 07/07/08 . . . Pedranti Elio .

Ins Deutsche übersetzt von Erich Meyer.