

NANOOHMMETRO DIGITALE

32000 punti autorange $1n\Omega \div 320\Omega$

mod. 20024



MANUALE DELL'UTENTE



STRUMENTI DI MISURA PROFESSIONALI

INDICE

INTRODUZIONE	1
DESCRIZIONE	2
DEFINIZIONE TASTI E INGRESSI	4
TASTI	4
INGRESSI	13
INFORMAZIONI AUSILIARIE	14
CARATTERISTICHE TECNICHE	15
ACCORGIMENTI NELL'ESECUZIONE DELLA MISURA	18
POTENZIALI DI CONTATTO	18
USO DELLA MODALITA' DI MISURA BIPOLARE	20
MISURE SULLA PORTATA DI $32\mu\Omega$	20
CAMPI ELETTROMAGNETICI	22
CAVI DI CORRENTE DI RIDOTTA SEZIONE	22
LENTEZZA DELLA MISURA	22
MISURA DI ELEMENTI FORTEMENTE INDUTTIVI	23
PROTEZIONE DA SOVRATENSIONI E SOVRACORRENTI	24
PORTA DI COMUNICAZIONE	25
GENERALITÀ	25
LETTURA DATI	25
SCRITTURA SETUP.	29

INTRODUZIONE

Il nanoohmmetro digitale mod. **20024** è uno strumento dalle prestazioni assolutamente uniche: pur essendo di dimensioni e peso estremamente contenuti offre delle risoluzioni e delle caratteristiche mai fin'ora presenti insieme.

- ▶ *32000 punti di misura / 5 misure al secondo*
- ▶ *8 portate da 320Ω a 32μΩ (risoluzione da 10mΩ a 1nΩ)*
- ▶ *correnti di misura selezionabili*
- ▶ *scelta della portata automatica o manuale*
- ▶ *display grafico*
- ▶ *bar graph*
- ▶ *misura relativa assoluta e percentuale contemporaneamente a quella principale*
- ▶ *compensazione della misura con la temperatura fra 0,0°C e 50,0°C*
- ▶ *scelta della polarità di misura*
- ▶ *misura automatica in entrambe le polarità con indicazione del valore medio*
- ▶ *autoazzeramento dello strumento*
- ▶ *compensazione dei cavi di misura*
- ▶ *hold della misura*
- ▶ *scelta e visualizzazione dell'entità del filtraggio della misura*
- ▶ *backlight attivabile/disattivabile*
- ▶ *segnalazione acustica della correttezza o meno delle impostazioni*
- ▶ *funzionamento a batteria/rete*
- ▶ *indicazione dello stato di carica della batteria*
- ▶ *salvataggio/ricambio della configurazione*
- ▶ *lettura dati e settaggio strumento tramite collegamento USB optoisolato*
- ▶ *solo due comandi: uno per leggere tutti i dati ed il setup ed uno per scrivere il nuovo setup*

Precisione, numero di punti di misura e risoluzione, nonché ingombro e peso ridotti, rendono lo strumento sicuramente unico e adatto all'uso tanto in laboratorio quanto sul campo. Infatti la presenza di batterie interne ricaricabili svincolano dalla presenza della tensione di rete con un'autonomia che può arrivare ad un massimo di circa 350 ore.

La misura principale è inoltre rappresentata con grandi caratteri di ben 10mm di altezza che ne consentono la lettura anche a tre metri di distanza.

Lo strumento non ha menù in cui selezionare le opzioni desiderate, ma solo e semplicemente la possibilità di far scorrere quattro videate in cui:

- ▶ *è visualizzata la misura principale*
- ▶ *sono visualizzate la misura principale e quella relativa assoluta e percentuale*
- ▶ *viene impostata la temperatura di compensazione della misura*
- ▶ *sono visualizzate la misura compensata, quella principale e la temperatura*

DESCRIZIONE

Lo strumento di tipo analogico-digitale montato in un contenitore in alluminio estruso anodizzato. Di peso decisamente contenuto, presenta delle maniglie che agevolano il trasporto e piedini orientabili al fine di una migliore visione del display e accessibilità ai comandi e alle boccole di misura.

Il display grafico retroilluminato da 64x128 pixel è di dimensioni notevoli in rapporto alle dimensioni dello strumento, così da facilitare la lettura anche a distanza e in ambienti poco illuminati. Anche la disposizione delle informazioni (misura primaria e secondaria, settaggi e segnalazioni) è stata studiata per essere facilmente leggibile e non creare mai confusione.

L'intero apparecchio è gestito da un microprocessore a 16 bit, mentre la tecnica di misura è raziometrica a quattro fili, altrimenti nota come collegamento Kelvin, l'unica che permette di scendere a risoluzioni e precisioni tanto spinte.

L'amplificatore di misura ed il convertitore sono in versione monolitica così da avere un rumore equivalente d'ingresso (con filtro = 32) pari a soli 100nVpp tipici nell'arco di un minuto e derivate tipiche inferiori a 300nVpp in 10 minuti.

Sul frontale sono presenti quattro boccole (**A+**, **A-**, **V+**, **V-**) di cui rispettivamente due per l'apporto della corrente di misura e due per la rilevazione della caduta di tensione ai capi della resistenza incognita. Il metodo a quattro fili rende insensibile la misura dalla resistenza offerta dai conduttori che portano la corrente e dalle varie resistenze di contatto presenti nel circuito *nanoohmetro - cavi di misura - resistenza incognita*. Il segnale d'ingresso è quindi amplificato e rapportato a quello presente su una resistenza campione interna percorsa dalla medesima corrente che circola nella resistenza incognita: il risultato, opportunamente elaborato e trattato dal microprocessore, viene rappresentato sul display LCD.

Le basse correnti utilizzate per la misura riducono a valori assolutamente trascurabili le potenze dissipate dalle resistenze incognite rendendo pressoché nullo il riscaldamento per effetto Joule, con la conseguente minima alterazione dei valori. Per il medesimo motivo la caduta di tensione nominale massima di 32mV evita che eventuali giunzioni semiconduttori in parallelo alla resistenza incognita invalidino la misura.

Con l'eccezione della portata ohmmetricamente inferiore ($32\mu\Omega$) è possibile scegliere fra due correnti di misura. Con la corrente "alta" si ha una risoluzione in tensione di 1 μ V, che scende a 0,1 μ V con la corrente "bassa". Avendo la necessità della minima dissipazione sull'elemento sotto misura la scelta è di utilizzare la corrente inferiore, evidenziata dalla scritta **cur**: prima del valore della corrente, nella parte inferiore del display. Se non sussiste questa necessità si consiglia di usare la corrente maggiore, evidenziata dalla scritta **CUR**: prima del valore della corrente, in modo da minimizzare effetti indesiderati dovuti ai potenziali di contatto o a derivate dell'amplificatore di

misura. Importanti informazioni in tal senso sono fornite nel capitolo **ACCORGIMENTI NELL'ESECUZIONE DELLA MISURA**.

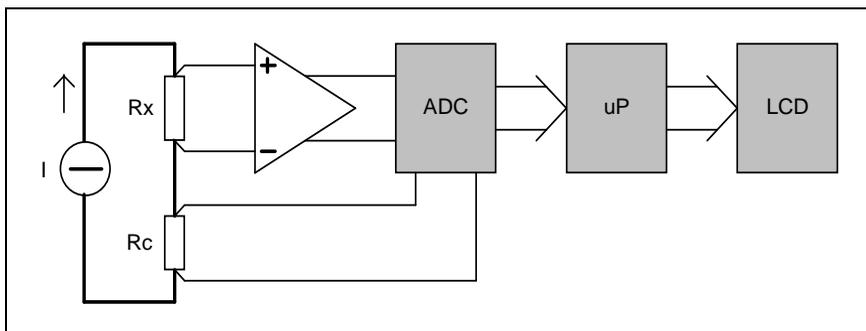


Fig. 1 Schema di principio del nanoohmetro 20024 e della misura a quattro fili.

ATTENZIONE: La presenza del segno “-“ dinanzi al valore della misura sta soltanto ad indicare che sono stati scambiati i terminali di tensione V^- con V^+ : ciò non comporta in alcun modo pericolo per lo strumento, ma non garantisce la validità della misura stessa in quanto l’amplificatore è ottimizzato per segnali positivi.

DEFINIZIONE TASTI E INGRESSI

TASTI

Lo strumento presenta 12 tasti le cui funzioni e le modalità di funzionamento sono dettagliate di seguito e riassunte in una tabella successiva. Tramite essi è possibile selezionare direttamente tutte le funzionalità dello strumento senza ricorrere a menù o combinazioni di tasti.

Quattro tasti sono a doppia funzione e la selezione della funzione avviene in base al tempo in cui vengono premuti: breve se minore di un secondo oppure lunga se maggiore di tale tempo.

Le due funzioni si riferiscono alla medesima modalità, ossia, quale esempio si consideri il tasto **BIP**. Premendolo brevemente attiva la funzione di misura bipolare, mentre premendolo a lungo consente di uscirne.

Una opportuna segnalazione acustica avvisa se la funzione o il tasto premuto sono attivi o meno. In particolari condizioni infatti alcuni tasti sono disabilitati e premendoli si ha una segnalazione acustica lunga. Un esempio è l'impossibilità di eseguire una procedura di autoazzeramento mentre viene eseguita una misura bipolare: premendo il tasto **A/Z** si ha una segnalazione acustica lunga.

Di seguito vengono elencate i tasti e le loro funzioni.



Selezione delle portate ohmmetricamente superiori

Se lo strumento è in modalità *Automatico* viene portato in modalità *Manuale*.

Se lo strumento è in modalità *Manuale* seleziona la portata ohmmetrica immediatamente superiore, a meno che sia già stata raggiunta la portata di 320Ω. Nella videata relativa all'impostazione della temperatura di compensazione consente l'incremento di questo parametro.



Selezione delle portate ohmmetricamente inferiori

Se lo strumento è in modalità *Automatico* viene portato in modalità *Manuale*.

Se lo strumento è in modalità *Manuale* seleziona la portata ohmmetrica immediatamente inferiore, a meno che sia già stata raggiunta la portata di 32μΩ. Nella videata relativa all'impostazione della temperatura di compensazione consente il decremento di questo parametro.

AUTO**Modalità Automatico/Manuale**

Se lo strumento è in modalità *Automatico* viene portato in modalità *Manuale* e viceversa.

FUNC**Misura principale****Tasto multifunzione****Relativo assoluto e percentuale****Impostazione temperatura ambiente****Misura compensata in temperatura**

Il tasto passa in successione la visualizzazione di

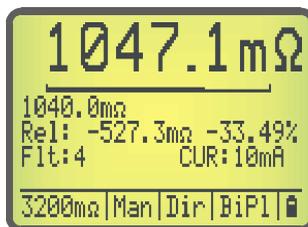
- *misura principale + bargraph*
- *misura principale + bargraph + relativo assoluto e percentuale*
- *impostazione temperatura ambiente*
- *misura compensata in temperatura + misura principale + temperatura ambiente*

ogni volta che si preme il tasto.

misura principale + bargraph + relativo assoluto e percentuale

Premendo il tasto quando vengono visualizzate la misura principale (in grande) ed il bargraph si ha l'attivazione della visualizzazione dell'opzione di misura relativa espressa in forma percentuale e assoluta, entrambe con segno.

Il valore percentuale viene calcolato con la formula



$$\text{per cento} = 100 * (\text{valore attuale} - \text{valore iniziale}) / \text{valore iniziale}$$

dove con *valore iniziale* e *valore attuale* si intendono rispettivamente il valore letto dallo strumento nel momento in cui si è premuto il pulsante e l'ultimo valore acquisito, ricavato da una media di letture pari al valore segnalato da **Flt**.

I valori minimi e massimi rappresentabili sono rispettivamente -100,0% e +6550,0%. Quando il valore percentuale, in termini assoluti, eguaglia o supera il 100% la risoluzione passa automaticamente da 0,01% a 0,1%.

Nella rappresentazione assoluta si ha la risoluzione della portata in quel momento attiva, mentre il valore viene espresso come

$$\text{assoluto} = \text{valore attuale} - \text{valore iniziale}$$

impostazione temperatura ambiente

Premendo ulteriormente il tasto si ha la scomparsa della misura principale, del bargraph e delle misure relative, mentre viene visualizzata la sola temperatura di compensazione della resistenza, indicata con *Ta*, ossia *Temperatura ambiente*. Ciò perché tale temperatura è quella a cui viene eseguita la misura del provino.



In questa videata l'impostazione della temperatura avviene tramite i tasti ▲ e ▼, rispettivamente incrementando e decrementando il valore della temperatura visualizzata sulla destra dello schermo, con una risoluzione di 0,1°C in un range compreso fra 0,0°C e 50,0°C. Il nuovo valore impostato è automaticamente salvato nella memoria non volatile dello strumento quando si passa alla visualizzazione della misura compensata.

misura compensata in temperatura + misura principale + temperatura ambiente

Premendo un'ulteriore volta il tasto si ha la rappresentazione della misura compensata (in grande) e, sulla riga inferiore, la misura reale del provino, indicata con "*Ra*" perché svolta alla temperatura ambiente e la temperatura ambiente impostata "*Ta*".



La misura compensata si riferisce ad una temperatura standard di 20,0°C, secondo la norma CEI EN 60228:2005-10.

Se in questa videata viene premuto il tasto **CFG** per salvare la configurazione, all'accensione dello strumento o al richiamo della configurazione viene visualizzata questa videata.

misura principale + bargraph

Premendo il tasto si passa dalla videata relativa alla misura compensata a quella della sola misura principale e del bargraph.

Se viene premendo il tasto **CFG** per salvare la configurazione mentre sono rappresentate queste informazioni, all'accensione dello strumento o al richiamo della configurazione viene visualizzata questa videata.





Procedura di Azzeramento



Tasto premuto < 1 sec **Autoazzeramento**

Questo tasto multifunzione permette l'autoazzeramento dello strumento senza la necessità di scollegare i terminali di corrente o di tensione e cortocircuitarli. Tale procedura, su strumenti di alta sensibilità come questo, se non eseguita correttamente potrebbe addirittura peggiorare a tal punto la misura da renderla del tutto inattendibile.

Con la procedura automatica si ottiene per altro la compensazione dei vari effetti termoelettrici presenti nei punti di contatto tra i terminali di tensione e la resistenza incognita nonché lungo tutto il cavo di misura sino all'interno dello strumento ad ogni contatto di materiali metallici diversi. Durante l'esecuzione dell'autoazzeramento si ottiene altresì l'eliminazione della deriva dell'amplificatore di misura.

Premendo il tasto per meno di 1 secondo compaiono la scritta **AUTOZERO** lampeggiante e la barra segnatempo sino al completamento della procedura la cui durata è variabile dipendendo dal numero di letture da eseguire per ottenere la media, il cui valore è stato impostato con il tasto **FLT**.

Tasto premuto > 1 sec **Compensazione dei cavi di corrente**

La seconda funzione di questo tasto viene attivata se questo viene premuto oltre un secondo e consente di compensare la caduta sui cavi di corrente in modo migliore di quanto possa fare la sola funzione di autoazzeramento. Infatti, nonostante l'elevata reiezione in modo comune dell'amplificatore d'ingresso, quando sui cavi di corrente si hanno elevate cadute di tensione per effetto delle correnti di misura di 1 ÷ 10A, di sezioni insufficienti o lunghezze eccessive, l'amplificatore non è in grado di compensare del tutto la variazione di tensione in modo comune che si viene ad avere fra la condizione di normale misura (con la corrente circolante anche nei cavi) e quella di **AutoZero** (quando invece non si ha circolazione di corrente).

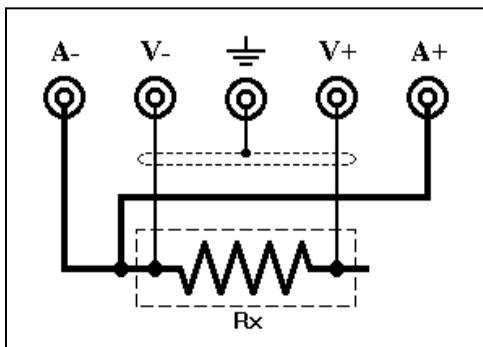


Fig. 2 Collegamento da eseguire durante la compensazione della caduta di tensione sui cavi di corrente.

Sebbene pensata espressamente per la compensazione appena descritta e quindi in particolar modo in presenza di correnti di misura di 1A e 10A, tale possibilità è attiva su tutte le portate poiché consente anche un azzeramento della misura qualora risultasse che, collegati i terminali come da Fig. 2, la misura principale non risulti nulla.

Per sua natura la compensazione è diversa per ogni portata ed in funzione della corrente di misura usata, ovvero la compensazione che viene effettuata è valida solo per quella portata e per quella corrente di misura. Per tale motivo lo strumento salva quella particolare compensazione nella cella di memoria corrispondente a quella portata e quella corrente, così da richiamarla quando vengono selezionate nuovamente. La memorizzazione è comunque permanente e viene salvata in una memoria non volatile allo spegnimento. Poiché i valori salvati sono fortemente dipendenti dalle condizioni di misura (lunghezza e sezione dei cavi di corrente, potenziali termoelettrici, temperatura ambiente ed interna allo strumento, nonché tempo trascorso dalla accensione di quest'ultimo) può accadere che alla successiva riaccensione dello strumento non siano più validi.

CUR

Selezione Corrente di Misura

Seleziona alternativamente la corrente di misura bassa o alta.

La corrente nominale di misura viene segnalata con la scritta **cur**: oppure **CUR**: a seconda che sia rispettivamente bassa o alta. Per la portata di $32\mu\Omega$, dove la corrente è solo di 10A, la scritta dipende dall'ultima selezione eseguita.

BIP

Procedura di Misura Bipolare

Tasto multifunzione

Tasto premuto < 1 sec Attivazione misura bipolare

Se la misura è in overload non esegue il comando.

Se lo strumento è in modalità di misura con corrente invertita si porta nella modalità di misura con corrente diretta attendendo un tempo dipendente dal numero di letture da eseguire per ottenere la media, il cui valore è stato impostato con il tasto **FLT**.

La procedura di misura bipolare consiste nell'eseguire il numero di misure impostate dal tasto **FLT** in modalità diretta ed altrettante inversa ed eseguire la media, riportandosi in modalità di misura diretta. Durante la procedura compaiono la scritta **BIPOLAR** lampeggiante e la barra segnatempo. Al termine della procedura la misura viene visualizzata e lampeggia la scritta **BiPI** nella parte inferiore dello schermo. Una ulteriore misura bipolare può essere avviata premendo nuovamente il tasto **BIP**.

Tasto premuto > 1 sec *Disattivazione misura bipolare*

Premendo il tasto per oltre un secondo si esce dalla modalità di misura bipolare e scompare la scritta **BiPI** nella parte inferiore dello schermo.

FLT

Selezione Filtro

Ogni volta che il tasto viene premuto viene selezionato un diverso valore di filtraggio nella sequenza 1-2-4-8-16-32-64-1-2-4-..... Il numero, che viene anche visualizzato nella parte inferiore dello schermo dopo la scritta **Flt:**, indica il numero di acquisizioni usate per eseguire la media, che altro non è che la misura rappresentata.

Ciò è particolarmente utile soprattutto sulla portata di $32\mu\Omega$ o quando si usa la corrente di misura bassa, dove si ha la massima sensibilità in tensione dello strumento. Maggiore è il numero di misure su cui viene eseguita la media e più lenta risulta la risposta dello strumento. Pur mantenendo una frequenza di aggiornamento della misura sul display di 5 Hertz, si ha il vantaggio di una maggior stabilità della rappresentazione.

Può accadere che passando ad un valore di filtro superiore la misura principale risulti momentaneamente inattendibile, sino a quando il buffer delle misure non è stato nuovamente riempito.

BKL

Retroilluminazione

Accende/spegne la retroilluminazione del display.

In caso di funzionamento a batteria si consiglia di accendere la retroilluminazione solamente se è strettamente necessario poiché il consumo dello strumento, escluso la corrente di misura, passa da circa 120mW nominali a ben 700mW, riducendo percentualmente in modo consistente l'autonomia operativa dello strumento, che però non scende sotto le 50 ore con retroilluminazione accesa e portate di $3200m\Omega$ o superiori.

POL

Modalità di misura Diretta o Inversa

Se lo strumento è in modalità *Diretta* viene portato in modalità *Inversa* e viceversa.

Consente di stabilire il verso della corrente nell'elemento sotto misura senza dover sconnettere i terminali per ricollegarli in modo inverso quando è richiesta una misura con polarità opposta o per valutare la presenza di potenziali elettrici di varia natura nella maglia di tensione. Per altro non sempre è consigliabile scambiare fisicamente i terminali poiché si potrebbero determinare potenziali

elettrici diversi, vanificando la misura atta proprio a determinare o a ridurre l'influenza di tali potenziali.

Se possibile si consiglia di utilizzare la corrente maggiore nell'esecuzione della misura. In tal modo si minimizza l'influenza dei potenziali di contatto grazie ad una tensione di segnale dieci volte maggiore.

CFG**Salvataggio della Configurazione****Tasto multifunzione**

Tasto premuto < 1 sec **Richiamo configurazione salvata**

Premendo brevemente il tasto viene richiamata la configurazione salvata: portata, filtraggio, corrente di misura, automatico/manuale, stato retroilluminazione e funzione visualizzata: misura principale o misura compensata in temperatura.

Tasto premuto > 1 sec **Salvataggio configurazione**

Premendo a lungo il tasto viene salvata la configurazione attuale.

HOLD**Fermo della misura**

Alterna la modalità di hold della misura a quella normale.

Durante il fermo della misura (hold) non è consentito l'utilizzo di alcun tasto, con l'eccezione dei tasti di retroilluminazione **BKL** e di filtro **FLT**.

Se lo strumento è in modalità *Hold* viene visualizzata la scritta **Hold** lampeggiante nella parte inferiore dello schermo.

Nella tabella sottostante sono riassunti la funzione, la modalità di attivazione ed il tipo di segnalazione in funzione del tempo in cui viene premuto un tasto.

Nome tasto	Azione breve/lunga	Funzione	Segnalaz. acustica breve/lunga
▲	breve	Se in modalità <i>Autorange</i> : Esce dalla modalità autorange rimanendo nella portata selezionata.	breve
		Se in modalità <i>Manuale</i> : Se non ha raggiunto la portata di 320Ω passa alle portate ohmmetricamente superiori. Se è sulla portata di 320Ω non esegue il comando.	breve lunga
		Nella parte inferiore dello schermo compaiono il valore della portata attiva e la segnalazione <i>Man.</i>	
▼	breve	Se in modalità <i>Autorange</i> : Esce dalla modalità autorange rimanendo nella portata selezionata.	breve
		Se in modalità <i>Manuale</i> : Se non ha raggiunto la portata di 32μΩ passa alle portate ohmmetricamente inferiori. Se è sulla portata di 32μΩ non esegue il comando.	breve lunga
		Nella parte inferiore dello schermo compaiono il valore della portata attiva e la segnalazione <i>Man.</i>	
AUTO	breve	Se in modalità <i>Autorange</i> : Passa alla modalità <i>Manuale</i> lasciando inalterata la portata.	breve
		Se in modalità <i>Manuale</i> : Passa alla modalità <i>Autorange</i> selezionando la portata più idonea alla misura.	
		Nella parte inferiore dello schermo compaiono il valore della portata attiva e la segnalazione <i>Aut.</i>	
FUNC	breve	Avendo un funzionamento complesso fare riferimento al paragrafo relativo al tasto a pag. 5.	breve
		La misura di Relativo Assoluto ha la medesima risoluzione della misura principale, mentre la misura di Relativo Percentuale ha una risoluzione di 0,01% sino a 99,99% e di 0,1% dal 100,0% in poi.	
A/Z	breve	Esegue la procedura di autoazzeramento dello strumento.	breve
	lunga	Se la misura è in Overload: Non esegue il comando.	lunga
		Se la misura <1000 punti: Acquisisce il valore è lo considera come zero. Se la misura ≥1000 punti: Non esegue il comando.	breve lunga

CUR	breve	Se la corrente di misura è alta e le portate sono da 320Ω a 320μΩ:	Passa alla corrente di misura bassa.	breve
		Se la corrente di misura è bassa e le portate sono da 320Ω a 320μΩ:	Passa alla corrente di misura alta.	breve
		Se la portata è 32μΩ (corrente di misura fissa a 10A):	Non esegue il comando.	lunga
		La corrente nominale di misura viene segnalata con la scritta "cur:" oppure "CUR:" a seconda che sia rispettivamente bassa o alta. Per le portate di 32μΩ la scritta dipende dall'ultima impostazione eseguita.		
BIP	breve	Se la misura è in Overload:	Non esegue il comando.	lunga
	lunga	Se la misura è valida:	Esegue la misura con polarità diretta ed invertita e ne rappresenta la media. La misura va in hold e si ha il lampeggio della scritta <i>BiPl</i> nella parte inferiore dello schermo.	breve
FLT	breve	Esce dalla modalità di misura <i>Bipolare</i> .		breve
BKL	breve	Ogni volta che il tasto viene premuto viene selezionato un diverso valore di filtraggio nella sequenza 1-2-4-8-16-32-64-1-2-4-.....		breve
		Accende/spegne il backlight del display.		breve
POL	breve	Considerato l'elevato consumo del backlight si consiglia, in caso di funzionamento a batteria, di attivarlo solo quando strettamente necessario.		breve
		Consente la misura con polarità diretta/invertita.		breve
CFG	breve	Nella parte inferiore dello schermo compare la segnalazione <i>Dir</i> o <i>Inv</i> .		breve
		Richiama la configurazione salvata (portata, filtraggio, corrente di misura, automatico/manuale, misura compensata, stato backlight).		breve
HOLD	breve	Salva l'attuale configurazione dello strumento.		breve
		Se la misura non è in <i>Hold</i> :		breve
		Blocca la misura e si ha il lampeggio della scritta <i>Hold</i> nella parte inferiore dello schermo. Rimangono attivi solo i tasti FLT e BKL ed il salvataggio della configurazione tramite il tasto CFG .		breve
		Se la misura è in <i>Hold</i> :		breve
		Esce dal blocco della misura.		breve

INGRESSI

Sul pannello frontale gli unici ingressi presenti sono le quattro boccole di misura, indispensabili qualora si voglia misurare resistenze di basso e bassissimo valore con il metodo Kelvin.

A+ / A-

Morsetti di Corrente

Questi morsetti forniscono la corrente di misura. A vuoto (con maglia di corrente aperta) la tensione presente in uscita è compresa fra 2V e 2,4V, a seconda dello stato della batteria e della presenza o meno della tensione di rete.

V+ / V-

Morsetti di Tensione

Tramite questi morsetti viene rilevata la caduta di tensione ai capi della resistenza incognita, con una sensibilità che raggiunge i 10nV sulla portata ohmmetricamente inferiore.

GND

Boccola di Massa/Schermo

Posta sul retro dello strumento è una boccola standard con foro da 4mm di diametro connessa elettricamente alla custodia. Può essere usata per migliorare la reiezione al disturbo ambientale connettendo lo strumento a terra.

In alternativa o congiuntamente la medesima boccola può essere usata per collegare un eventuale schermo dei cavi di misura di tensione, come visibile in Fig. 2 a pag.7 o Fig. 3 a pag.18.

LINE

Presa di alimentazione

Posta sul retro dello strumento è la presa di alimentazione da rete 230V \pm 10% 48÷66Hz e portafusibile 5x20mm con fusibile 200mA ritardato.

COM

Porta di comunicazione

Posta sul retro dello strumento consente la connessione optoisolata ad un PC il quale può sia leggere i dati ed il setup dello strumento che modificarlo.

INFORMAZIONI AUSILIARIE

Nei cinque settori della parte inferiore del display sono fornite varie informazioni ausiliarie riassunte nella tabella sottostante.

3200mΩ | Man | Dir | BiPl | 🔒

Settore	Informazione	Indicazione	Note	Stato segnalazione
1	Portata	320Ω 32Ω 3200mΩ 320mΩ 32mΩ 3200μΩ 320μΩ 32μΩ	Portata selezionata	Fissa su tutte le portate
2	Automatico / Manuale	Aut Man	Strumento in selezione automatica della portata Strumento in selezione manuale della portata	Fissa
3	Diretta / Inversa	Dir Inv	La corrente esce dal terminale positivo La corrente esce dal terminale negativo	Fissa
4	Bipolare Hold	BiPl Hold nessuna indicazione	Lo strumento sta eseguendo una misura bipolare Lo strumento è in <i>Hold</i> Lo strumento non è in <i>Hold</i> ne sta eseguendo una misura bipolare	Lampeggiante Lampeggiante
5	Stato batteria	nessuna indicazione immagine di una batteria con livello di carica via via decrescente immagine batteria vuota lampeggiante	Batteria carica Batteria sempre più scarica Batteria completamente scarica	Fissa Lampeggiante

CARATTERISTICHE TECNICHE

Tensione di alimentazione	230V \pm 10% 48-66Hz 200mA rit.
Potenza assorbita	15VA
Batteria	segnalazione visiva dello stato di carica della batteria
Autonomia batteria	vedi grafico di Tab. 2
Rappresentazione della misura	su display grafico retroilluminato 64x128 pixel 62x44mm
Numero di punti di misura	32000
Frequenza di aggiornamento display	5 Hz
Portate	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
Selezione portate	automatico / manuale
Cambio scala automatico	alla portata superiore con >31999 digit alla portata inferiore con <3000 digit
Risoluzione e corrente di misura	vedi tabella di Tab. 1 RISOLUZIONI E CORRENTI DI MISURA
Precisione della misura (@ 20°C) (portate 320 Ω ÷ 3200 $\mu\Omega$ alta corrente)	$\pm(0,05\% + 0,001\%/^{\circ}\text{C} + 2 \text{ digit})$
Precisione della misura (@ 20°C) (portate 320 Ω ÷ 3200 $\mu\Omega$ bassa corrente)	$\pm(0,06\% + 0,001\%/^{\circ}\text{C} + 3 \text{ digit})$
Precisione della misura (@ 20°C) (portata da 320 $\mu\Omega$ alta corrente)	$\pm(0,06\% + 0,001\%/^{\circ}\text{C} + 3 \text{ digit})$
Precisione della misura (@ 20°C) (portata da 320 $\mu\Omega$ bassa corrente)	$\pm(0,07\% + 0,001\%/^{\circ}\text{C} + 5 \text{ digit})$
Precisione della misura (@ 20°C) (portata 32 $\mu\Omega$)	$\pm(0,07\% + 0,001\%/^{\circ}\text{C} + 5 \text{ digit})$
Rumore (riferito all'ingresso da 0,01Hz a 0,1Hz)	200nV _{pp} con filtro = 16
Compensazione cavi di corrente / Azzeramento	compensazione delle f.e.m. del circuito di tensione e degli offset dello strumento sino a \pm 1000 digit
Tempo di riscaldamento dopo l'accensione	15 minuti circa entro \pm 0,3 μ V
Range di compensazione della misura con la temperatura ambiente (Ta)	0,0°C a 50,0°C in passi di 0,1°C
Coefficiente di compensazione della temperatura	rame secondo norma CEI EN 60228:2005-10
Temperatura a cui viene riferita la misura	20,0°C
Tensione a vuoto (A+) - (A-) (circuito di corrente aperto)	2,20 V _{max} (funzionamento a batteria) 2,40 V _{max} (funzionamento a rete)
Filtro	1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 misure
Valore induttivo massimo	35 Henry / 150 ohm
Temperatura di lavoro	0 ÷ 50 °C
Temperatura di immagazzinamento	-20 ÷ 60 °C
Peso	4770 grammi circa
Dimensioni contenitore	243x89x285mm (larghezza x altezza x profondità)

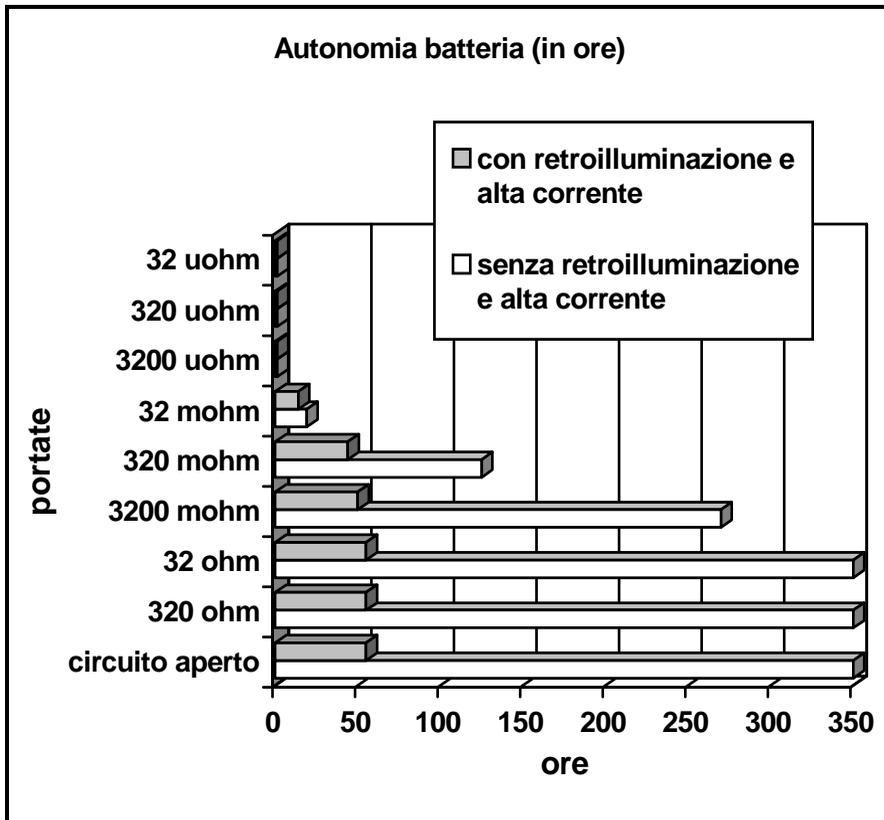
La tabella sottostante riporta i valori di risoluzione, corrente di misura e potenza nominale massima dissipata dall'elemento incognito in funzione del fondo scala selezionato.

RISOLUZIONI E CORRENTI DI MISURA					
Portata	Risoluzione (resistenza)	Risoluzione (tensione)	Tensione di f. s.	Corrente (bassa/alta)	Potenza massima
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 Tabella riassuntiva delle risoluzioni, sensibilità, correnti di misura e potenza massima dissipata della resistenza incognita in funzione della portata selezionata.

Per evitare che un eccessivo riscaldamento interno dello strumento possa causare derive nella misura, in particolare modo sulle due portate inferiori e quando viene usata una alta corrente di misura, la carica della batteria avviene con corrente di circa 1A quando lo strumento è acceso e con corrente di 2A quando è spento. Di conseguenza la carica completa a strumento spento comporta circa 20 ore di tempo, mentre a strumento acceso e con corrente di misura sempre circolante, il tempo di carica può notevolmente variare in funzione della portata selezionata e dello stato della retroilluminazione. Addirittura per corrente di misura già di 1A e retroilluminazione accesa si ha comunque una leggera scarica della batteria la quale, se la corrente di misura sale a 10A, si scarica in poco più di 1 ora.

Di seguito viene fornito il grafico concernente l'autonomia della batteria in funzione della portata selezionata e dello stato di accensione/spegnimento della retroilluminazione del display.



Tab. 2 Grafico rappresentante l'autonomia della batteria in funzione della portata selezionata e dello stato della retroilluminazione.

ACCORGIMENTI NELL'ESECUZIONE DELLA MISURA

POTENZIALI DI CONTATTO

Dopo l'accensione dello strumento, prima di eseguire qualsiasi misura, sarebbe buona norma attendere non meno di 10 minuti, per dare luogo al necessario assestamento termico dei componenti il nanoohmmetro.

Nell'eseguire la misura è essenziale, al fine dell'ottenimento dei migliori risultati, seguire lo schema di collegamento dei terminali di misura indicati alla Fig. 3. In tal modo si evita che nel circuito di tensione si vengano a trovare le resistenze di contatto tra i terminali di corrente e l'elemento sotto misura, alterando macroscopicamente il risultato di quest'ultima.

Con cavetti di tipo Kelvin questo problema non sussiste in quanto le due pinzette con cui terminano sono collegate in modo tale da evitare che le resistenze di contatto alterino la misura.

Altre cause di errore possono essere i potenziali di contatto che si hanno quando due materiali metallici diversi si toccano.

Per minimizzare l'influenza di questo fenomeno fisico si deve cercare di avere il medesimo tipo di contatto fra terminale positivo e negativo di tensione e la resistenza incognita. Ciò contempla tanto lo stato delle superfici (lucide, ossidate, sporche, ecc.) che il materiale (diverso materiale di un capo della resistenza incognita rispetto all'altro), nonché la diversa temperatura a cui possono trovarsi i punti di contatto dell'elemento sotto misura.

Se il tipo di contatto al terminale positivo è simile al terminale negativo, i due effetti tendono ad elidersi e tutt'al più rimane un potenziale pari alla differenza dei due. Se tale effetto rimane costante nel tempo è sufficiente compensarlo una volta per tutte, viceversa occorre procedere ad un periodico azzeramento col tasto A/Z.

La variazione cui si fa cenno è essenzialmente dovuta a variazioni di temperatura fra i due punti in cui i puntali di tensione toccano la resistenza incognita: l'unico modo per ottenere una misura

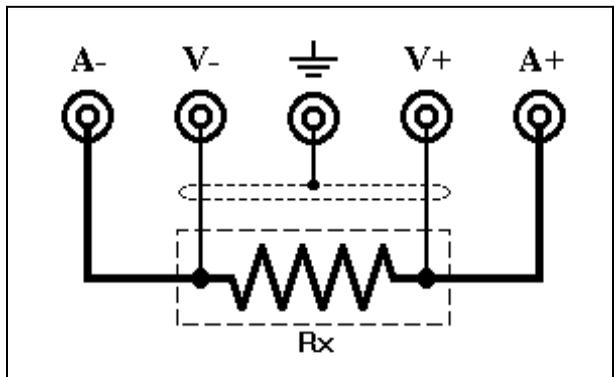


Fig. 3 Schema di collegamento per la misura a quattro fili su di una resistenza di basso valore.

attendibile e stabile è di adottare ogni precauzione per far sì che subito dopo un autoazzeramento non vi siano fluttuazioni nella differenza di temperatura dei due punti di contatto.

Tutti i fenomeni sopra detti sono, in valore assoluto, sicuramente modesti (generalmente qualche decimo di microvolt), ma purtroppo sono più che rilevabili da strumenti di simile sensibilità. Ecco perché è essenziale adottare alcuni indispensabili ed elementari accorgimenti per avere una buona qualità della misura. I principali, ma non i soli, sono:

- Pulire le superfici dei terminali della resistenza incognita e dei cavi di misura da oli, acqua, ossidi ecc.
- Se la sezione dei cavi che portano la corrente è inferiore o uguale a 4mm^2 questi devono essere di uguale sezione, per evitare che un differente riscaldamento per effetto Joule faccia derivare la misura nel tempo. In ogni caso è fortemente consigliato l'uso di cavi di non meno di 6mm^2 quando si usano le portate inferiori da $3200\mu\Omega$, $320\mu\Omega$ e $32\mu\Omega$.
- Attendere che il pezzo da misurare si sia raffreddato.
- Evitare di scaldare/raffreddare anche di poco e in qualsiasi modo un terminale della resistenza da misurare rispetto all'altro.
- Evitare di concatenare i cavi di misura con campi magnetici variabili che possano rendere instabile la lettura.
- Eseguire sempre un autoazzeramento ed eventualmente una compensazione dei cavi alla prima misura ed attendere non meno di 10 minuti dall'accensione prima di utilizzare lo strumento, se si desidera una buona precisione e stabilità della misura.
- Eseguire sempre un autoazzeramento quando si è sulle portate da $3200\mu\Omega$, $320\mu\Omega$ e $32\mu\Omega$ o si collegano i cavi di misura ad un'altra resistenza.
- Non modificare il punto di misura quando questa viene effettuata rispetto a quello dell'autoazzeramento.

Siccome i potenziali di contatto possono variare da punto a punto è indispensabile, per avere i migliori risultati, non spostare i punti di misura, anche se questi si presume siano equipotenziali: flussi di corrente diversi e potenziali di contatto diversi in punti diversi alterano la misura. Questo è assolutamente valido anche qualora si volesse eseguire un autoazzeramento: non va mai alterato il collegamento elettrico dei terminali di tensione fra la fase di misura e quella di autoazzeramento.

USO DELLA MODALITA' DI MISURA BIPOLARE

Quando si ipotizza la presenza di potenziali di contatto non simmetrici sui terminali d'ingresso, che quindi non possono essere eliminati da una semplice procedura di azzeramento, la soluzione è l'uso della modalità di misura bipolare. Poiché per ogni rappresentazione vi sono più misure con corrente diretta ed invertita ed un susseguente stop, questo sistema di misura è intrinsecamente molto lento e dunque è da usarsi solo quando serve effettivamente o per verificare che vi siano potenziali asimmetrici confrontando il risultato di una misura bipolare (che teoricamente è quella corretta) con la misura disponibile dopo un azzeramento.

Non si dimentichi che comunque una differenza di qualche digit è possibile e normale, rientrando nelle specifiche dello strumento. Non ci si attenda dunque, anche in caso di assenza di potenziali di contatto o quando questi siano simmetrici, una perfetta identità di valori.

Poiché l'asimmetria dei potenziali di contatto è generalmente dovuta a cause diverse, la loro deriva o rumore può essere diverso. Ciò può comportare una variazione nel tempo della misura più marcata di quando rilevabile da potenziali di contatto simmetrici, che per definizione si annullano reciprocamente. Se quindi si costata che esiste una asimmetria nei potenziali di contatto e per velocizzare le misure se ne tiene conto usando però la modalità di misura normale (non bipolare), occorre anche rammentare che la correzione che viene apportata potrebbe non essere costante nel tempo. Inoltre considerando un rumore asimmetrico di entità e causa diversi, quindi più difficilmente annullabile reciprocamente, si consiglia di impostare un filtro non inferiore a 16 quando si eseguono misure bipolari: ciò aiuta a ridurre ulteriormente le variazioni nei risultati delle misure.

Come può essere attivata /disattivata è già stato spiegato nel paragrafo relativo al tasto **BIP**.

MISURE SULLE PORTATE DI 32 $\mu\Omega$ E 320 $\mu\Omega$ BASSA CORRENTE

Considerato che queste due portate hanno una sensibilità in tensione di soli 10nV (pari a circa 1/1000 del segnale fornito da una termocoppia per una variazione di 1°C) il suo utilizzo deve essere affidato a personale esperto, in grado di valutare i molteplici fenomeni che possono incorrere nel rendere inattendibile la misura stessa. Vanno infatti considerati con estrema attenzione i gradienti di temperatura sia nell'ambiente che sull'elemento in misura ed eventuali sue derive termiche. Occorre scegliere adeguatamente i punti di connessione all'elemento in misura controllandone la robustezza meccanica/elettrica, evitare in qualsiasi modo flussi di aria, illuminazioni di potenza parziali (che inducono riscaldamenti localizzati), campi magnetici, ecc.

E' assolutamente consigliabile anche eseguire la misura non meno di 15 minuti dopo l'accensione dello strumento: ciò consente il raggiungimento di un adeguato equilibrio termico dei componenti lo strumento stesso.

A questo punto vi sono due possibili strategie di misura che sfruttano rispettivamente l'inerzia termica e l'assestamento termico dei componenti. Infatti il passaggio di una corrente di misura di 10A determina un riscaldamento ed una conseguente indesiderata deriva termica dovuta a fenomeni termoelettrici che però si propagano e derivano abbastanza lentamente, stabilizzandosi in circa 15÷20 minuti.

Avendo la possibilità di eseguire una misura veloce è possibile sfruttare l'inerzia termica, così da non dar luogo ad una sufficiente propagazione del calore.

Se invece è richiesta una misura continuativa si dovrà attendere l'assestamento termico prima di poter procedere ad una misura sufficientemente stabile.

Si tenga presente che la deriva per effetto termico può essere anche di $\pm 0,3\mu\text{V}$ (pari a ± 30 digit) con una variazione di circa $0,5\div 1,5\text{nV/sec}$, e sono normali variazioni, fra rumore, assestamento termico e potenziali di contatto, di $100\div 200$ digit.

Un possibile accorgimento, per minimizzare la deriva ed il tempo di assestamento, è di ridurre la dissipazione dello strumento facendolo funzionare solamente a batterie, ovviamente dopo averle preventivamente ben caricate.

Evitare comunque di far circolare dell'aria di raffreddamento che sicuramente creerebbe differenze e variazioni termiche sui cavi di misura di tensione che si tramuterebbero in altrettanti variazioni di segnale.

Non va sottovalutato nemmeno il rumore sia ambientale che interno allo strumento. Quest'ultimo è tipicamente contenuto in circa $\pm 200\text{nV}$ in un periodo di 1 minuto. Per ridurre le variazioni nel breve termine si consiglia di usare un filtraggio alto: 32 o 64. In ogni caso il filtraggio minimo, sulle portate di $320\mu\Omega$ e $32\mu\Omega$, è di 8.

Per quanto concerne il rumore elettromagnetico si potrebbe eseguire la misura in una gabbia di Faraday o anecoica, collegando lo strumento a terra tramite l'apposita boccola posteriore, tenendo quanto più vicini fra loro i cavi di tensione, per minimizzare l'area, ed il rumore indotto, all'interno della spira di segnale.

Se tutto ciò sembra eccessivo si ricorda che misure con risoluzioni di $1\text{n}\Omega$ sono sicuramente molto prossime ai limiti misurabili. Sostanzialmente sotto gli $0,1\text{n}\Omega$ non si riesce più a scendere. Si consiglia altresì di porre adeguata attenzione nella misura con "bassa" corrente (consentita in tutte le portate ad eccezione di $32\mu\Omega$) dove la risoluzione in tensione è di soli $0,1\mu\text{V}$, valore da considerarsi sicuramente di basso livello.

CAMPI ELETTROMAGNETICI

Altre cause di errore o instabilità nella misura o nell'azzeramento sono imputabili alla presenza di campi magnetici che, inducendo del rumore elettrico, possono spostare il livello in continua del segnale. Il modo migliore per attenuare questa influenza è di tenere i cavi di misura, sia di corrente che di tensione, i più corti e vicini possibile, assicurandosi inoltre che i cavi di misura non ondegghino o vibrino anche in vicinanza di campi magnetici statici: ciò causerebbe l'insorgere di tensioni indotte di ampiezza e frequenza dipendenti dal movimento.

CAVI DI CORRENTE DI RIDOTTA SEZIONE

Un'altra causa di errore, anche se in questo caso decisamente modesta e riscontrabile solo sulle portate da $3200\mu\Omega$, $320\mu\Omega$ e $32\mu\Omega$, è dovuta alla limitata sezione dei cavi di corrente. Se infatti la sezione è inferiore a 6 mm^2 e il cavo è proporzionalmente troppo lungo si ha, tra fase di autoazzeramento e di misura, una differenza nelle cadute di tensione sul cavo che l'amplificatore di misura non riesce più a compensare correttamente, introducendo un errore che, con i cavi in dotazione, generalmente non supera $2\div 4$ digit. Il rimedio è di usare, sulle portate inferiori, cavi di elevata sezione e quanto più brevi possibile.

Nel caso vengano utilizzati cavi che diano elevate cadute e si renda necessaria una compensazione per ridurre l'errore si vedano le indicazioni riportate a pag. 7 riguardanti il paragrafo **Procedura di Azzeramento**.

LENTEZZA DELLA MISURA

Questa non è certamente una causa d'errore, ma potrebbe sembrare, certe volte, che lo strumento sia troppo lento o addirittura che si fermi: il motivo è dovuto al valore che è stato settato nel filtro. Maggiore è questo valore e maggiore è il tempo che lo strumento impiega per fare un ciclo di misure sulla resistenza incognita.

MISURA DI ELEMENTI FORTEMENTE INDUTTIVI

Il nanohmmetro **20024** è in grado di misurare la componente resistiva anche di elementi fortemente induttivi quali trasformatori con potenze di oltre 1 MVA. Per evitare danneggiamenti o malfunzionamenti dello strumento è consigliabile collegare, in parallelo all'elemento incognito, un diodo come indicato in Fig. 4, alla pagina successiva.

Tale diodo di protezione va però messo soltanto se effettivamente vi è necessità, ovvero su carichi induttivi, giacché sulle portate ohmmetricamente alte la pur bassa corrente inversa dello stesso diodo può alterare, anche se modestamente, la misura.

Per le portate da 320Ω a $320m\Omega$ compresa è sufficiente un diodo da 1A quale il tipo 1N4004 o simile. Per le portate ohmmetricamente inferiori (da $32m\Omega$ a $32\mu\Omega$) è consigliabile utilizzare un diodo in grado di sopportare correnti maggiori quali quelli “a vitone”.

La sua funzione è di salvaguardare principalmente il circuito amperometrico, giacché quello voltmetrico è comunque protetto contro tensioni differenziali continue sino a $\pm 35V$ e impulsive sino a $\pm 100V$ per 1 secondo.

ATTENZIONE: Lo strumento non è in grado di sopportare, sulle boccole di misura, l'applicazione di tensioni o correnti esterne, in special modo se dovute alla connessione diretta con la linea di rete.

PROTEZIONE DA SOVRATENSIONI E SOVRACORRENTI

Lo strumento è fornito di adeguate protezioni contro le sovratensioni sugli ingressi di tensione, come specificato nelle caratteristiche tecniche, ma richiede, in caso di misura su elementi prevalentemente induttivi, un diodo di protezione esterno. Tale diodo, come indicato nel paragrafo precedente, è pienamente sufficiente alla protezione del circuito di generazione della corrente di misura. Ciò non significa però che lo strumento sia in grado di sopportare sollecitazioni elettriche quali il collegamento a motori o trasformatori collegati alla propria alimentazione, specialmente se questa è la linea di rete. Le potenze elettriche in gioco in tal caso sarebbero ben oltre quelle sopportabili dai circuiti di protezione, interni ed esterni, del nanoohmmetro e il suo danneggiamento sarebbe certo.

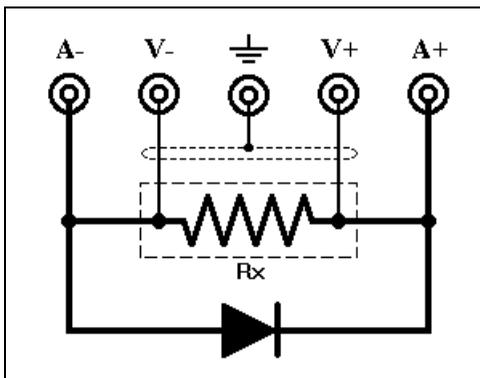


Fig. 4 Schema di collegamento del diodo di protezione in parallelo ad un elemento fortemente induttivo. Si noti il verso di inserzione del diodo.

ATTENZIONE: È importante che il diodo di protezione venga collegato in parallelo all'elemento induttivo e non fra i morsetti di corrente o tensione, altrimenti non è in grado, sconnettendo i cavi di corrente, di eliminare il forte scintillio che si viene a creare. La scarica, dell'ordine anche del migliaio di volt, potrebbe danneggiare irreparabilmente alcuni circuiti elettronici del generatore di corrente.

PORTA DI COMUNICAZIONE

GENERALITÀ

Il nanoohmmetro **20024** è dotato, di serie, di un'interfaccia USB optoisolata. Tramite apposito modulo opzionale, che si presenta simile ad un connettore volante RS232 9 poli con presa USB tipo B sul retro, è possibile connettere lo strumento ad un PC ottenendo le seguenti informazioni:

- ▶ *misura principale*
- ▶ *misura relativa*
- ▶ *misura compensata in temperatura*
- ▶ *temperatura ambiente per la compensazione della misura*
- ▶ *stato dello strumento (portata, filtro, pagina di visualizzazione, corrente di misura, retroilluminazione, ecc.)*

Inoltre è possibile:

- ▶ *impostare la temperatura ambiente per la compensazione della misura*
- ▶ *modificare il setup dello strumento*

Tutto ciò tramite due soli comandi:

- *una richiesta di lettura con il quale lo strumento fornisce tutte le informazioni di cui dispone inviando una stringa di 13 byte seguita da un quattordicesimo byte di checksum*
- *un comando di scrittura seguito da una stringa di 5 byte che rappresentano il nuovo setup, a cui si aggiunge un settimo byte di checksum*

LETTURA DATI

Viene inviato un unico byte di richiesta di valore 00H. Lo strumento risponde con 13 byte di dati seguiti da un byte terminale di checksum, secondo quanto evidenziato nella tabella seguente. I primi 5 byte sono sia di lettura che di scrittura, ovvero sono anche byte che devono essere inviati allo strumento quando viene richiesta una qualsivoglia modifica al setup. Maggiori dettagli saranno forniti nel paragrafo **SCRITTURA SETUP**.

Alcuni dati sono in forma di byte (portata, filtro e matricola), altri in forma di word come insieme di due byte (misura principale, misura relativa, misura compensata e temperatura ambiente di compensazione), altri ancora come insieme di flag con campi di uno o due bit.

COMANDO DI LETTURA = 00H			
# byte	Funzione	Tipo di dato	Letture / Scrittura
1	byte superiore temperatura ambiente di compensazione	word	lettura e scrittura
2	byte inferiore temperatura ambiente di compensazione		
3	portata	byte	lettura e scrittura
4	filtro	byte	lettura e scrittura
5	stato1	flag	lettura e scrittura
6	stato2	flag	lettura
7	byte superiore misura principale (in valore assoluto)	word	lettura
8	byte inferiore misura principale (in valore assoluto)		
9	byte superiore valore relativo (in valore assoluto)	word	lettura
10	byte inferiore valore relativo (in valore assoluto)		
11	byte superiore misura compensata in temperatura	word	lettura
12	byte inferiore misura compensata in temperatura		
13	matricola	byte	lettura
14	checksum	byte	lettura

Di seguito verrà specificato in dettaglio come interpretare i dati ricevuti.

byte 1-2 Temperatura ambiente di compensazione

Rappresenta il valore della temperatura ambiente usata per compensare la misura ed è espressa senza la virgola decimale o, equivalentemente, in decimi di grado: se la temperatura ambiente impostata è di 27,4°C il valore è pari a 274.

Per ricavarne il valore occorre eseguire questo calcolo:

$$\text{valore_temperatura} = \text{byte1} * 256 + \text{byte2}$$

E' un valore sia di lettura che di scrittura.

byte 3 Portata

Questo byte contiene un codice corrispondente alla portata selezionata, secondo quanto indicato nella tabella a fianco.

E' una variabile sia di lettura che di scrittura.

PORTATA	
Codice	Portata
0	32μΩ
1	320μΩ
2	3200μΩ
3	32mΩ
4	320mΩ
5	3200mΩ
6	32Ω
7	320Ω

byte 4 Filtro

Questo byte contiene un codice corrispondente al filtro selezionato, secondo quanto indicato nella tabella a fianco.

E' una variabile sia di lettura che di scrittura.

FILTRO	
Codice	Filtro
0	1
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64

byte 5 Stato1

Questo byte è un insieme di 7 campi ove è riassunto parte dello stato dello strumento.

E' una variabile sia di lettura che di scrittura.

Stato1			
# bit	Peso binario	Significato	Valore
0	1	Misura rappresentata	0 = misura principale + bargraph
1	2		1 = misura principale + bargraph + relativo assoluto e percentuale
			2 = impostazione temperatura ambiente
			3 = misura compensata in temperatura + misura principale + temperat. ambiente
2	-	Corrente di misura	0 = corrente bassa 1 = corrente alta
3	-	Retroilluminazione display	0 = spenta 1 = accesa
4	-	Misura diretta/invertita	0 = misura con polarità diretta 1 = misura con polarità invertita
5	-	Misura manuale/automatico	0 = manuale 1 = automatico
6	-	Misura attiva/in hold	0 = attiva 1 = in hold
7	-	Misura attiva/in autoazzeramento	0 = attiva 1 = in autoazzeramento

byte 6 Stato2

Questo byte è un insieme di 7 campi che completano lo stato dello strumento.
E' una variabile di sola lettura.

Stato2			
# bit	Peso binario	Significato	Valore
0	1	Misura bipolare	0 = misura non bipolare
1	2		1 = misura bipolare 2 = misura bipolare in hold 3 = <i>non usato</i>
2	1	Overload misura	0 = nessun overload nella misura
3	2		1 = overload positivo 2 = overload negativo 3 = <i>non usato</i>
4	-	Polarità misura principale	0 = polarità positiva 1 = polarità negativa
5	-	Polarità misura relativa	0 = polarità positiva 1 = polarità negativa
6	-	Circuito di corrente A+ / A-	0 = chiuso (misura valida) 1 = aperto (misura in AutoHold)
7	-	<i>non usato</i>	

byte 7-8 Misura principale

Rappresenta il valore assoluto della misura principale ed è espresso senza virgola o unità di misura. La corretta rappresentazione è determinata considerando la portata selezionata ed il bit 4 di *Stato2*.

Se un'ipotetica misura è di 217,43mΩ (codice portata = 4), il valore contenuto nei due byte considerati è di 21743.

Per ricavarne il valore occorre eseguire questo calcolo:

$$\text{valore_misura} = \text{byte7} * 256 + \text{byte8} \quad (\text{valore assoluto})$$

E' un valore di sola lettura.

byte 9-10 Misura relativa

Rappresenta il valore assoluto della misura relativa ed è espressa senza virgola o unità di misura. La corretta rappresentazione è determinata considerando la portata selezionata ed il bit 5 di *Stato2*.

Se un'ipotetica misura è di -1,09μΩ (codice portata = 1), il valore contenuto nei due byte considerati è di 109.

Per ricavarne il valore occorre eseguire questo calcolo:

$$\text{valore_relativo} = \text{byte9} * 256 + \text{byte10} \quad (\text{valore assoluto})$$

E' un valore di sola lettura.

byte 11-12 Misura compensata in temperatura

Rappresenta il valore assoluto della misura compensata in temperatura ed è espressa senza virgola o unità di misura. La corretta rappresentazione è determinata considerando la portata selezionata ed il bit 4 di *Stato2*.

Se un'ipotetica misura è di 1698,2μΩ (codice portata = 2), il valore contenuto nei due byte considerati è di 16982.

Per ricavarne il valore occorre eseguire questo calcolo:

$$\text{valore_compensato} = \text{byte11} * 256 + \text{byte12} \text{ (valore assoluto)}$$

E' un valore di sola lettura.

byte 13 Matricola

E' la matricola dello strumento

E' un valore di sola lettura.

byte 14 Checksum

E' la somma algebrica dei tredici byte di dati, troncata al byte inferiore.

Se ipoteticamente la somma dei byte precedenti corrisponde a 07A2H (valore 07A2 in rappresentazione esadecimale) questo byte vale A2H.

E' un valore di sola lettura.

SCRITTURA SETUP

L'intero setup dello strumento viene scritto in una sola volta inviando il byte di comando 08H, facendolo seguire dagli stessi primi cinque byte ricevuti durante la lettura, eventualmente modificati in base al nuovo setup desiderato.

Si ribadisce che qualsiasi sia/siano il/i byte modificati è assolutamente indispensabile inviare tutti e cinque i byte rappresentati nella tabella seguente successivamente al byte di comando 08H aggiungendo, quale settimo e ultimo byte, il byte di checksum.

E' sicuramente consigliabile, quando si desidera modificare il setup, eseguire prima una lettura, in modo da avere la situazione aggiornata all'ultimo istante dello stato e del setup dello strumento.

COMANDO DI SCRITTURA = 08H			
# byte	Funzione	Tipo di dato	Letture / Scrittura
1	08H (codice di comando per la scrittura)	byte	scrittura
2	byte superiore temperatura ambiente di compensazione	word	lettura e scrittura
3	byte inferiore temperatura ambiente di compensazione		
4	portata	byte	lettura e scrittura
5	filtro	byte	lettura e scrittura
6	stato1	flag	lettura e scrittura
7	checksum	byte	scrittura

Di seguito verrà specificato in dettaglio come interpretare i dati da inviare.

byte 1 Comando di scrittura

E' un valore fisso di 08H.

byte 2-3 Temperatura ambiente di compensazione

Ha esattamente il medesimo significato e modalità di rappresentazione indicato nel paragrafo relativo alla lettura dati.

Il range di validità del valore è fra 0 e 500, estremi compresi. Valori che eccedono questi limiti non vengono considerati dallo strumento.

Supponendo di voler inviare un valore di temperatura ambiente di 31,2°C, occorre considerare il valore 312 che, in esadecimale, è rappresentato come 0138H, ovvero:

byte2 = 01H

byte3 = 38H

byte 4 Portata

Ha esattamente il medesimo significato e modalità di rappresentazione indicato nella tabella relativa alla portata.

Il range di validità del valore è fra 0 e 7, estremi compresi. Valori che eccedono questi limiti non vengono considerati dallo strumento.

Se la nuova portata è diversa dalla precedente lo strumento si pone forzatamente in modalità manuale ed esce dall'eventuale rappresentazione del valore relativo visualizzando la sola misura principale + bargraph.

byte 5 Filtro

Ha esattamente il medesimo significato e modalità di rappresentazione indicato nella tabella relativa al filtro.

Il range di validità del valore è fra 0 e 6, estremi compresi. Valori che eccedono questi limiti non vengono considerati dallo strumento.

Sulle due portate ohmmetricamente inferiori ($320\mu\Omega$ e $32\mu\Omega$) eventuali codici di filtro inferiori a 3 vengono forzati a 3, ciò per garantire un adeguato filtraggio delle misure anche in presenza di rumore.

byte 6 Stato1

Essendo un insieme di flag ogni bit può essere modificato indipendentemente da qualsiasi altro.

Stato1			
# bit	Peso binario	Significato	Valore
0	1	Misura rappresentata	0 = misura principale + bargraph
1	2		1 = misura principale + bargraph + relativo assoluto e percentuale 2 = impostazione temperatura ambiente 3 = misura compensata in temperatura + misura principale + temperat. ambiente
2	-	Corrente di misura	0 = corrente bassa 1 = corrente alta
3	-	Retroilluminazione display	0 = spenta 1 = accesa
4	-	Misura diretta/invertita	0 = misura con polarità diretta 1 = misura con polarità invertita
5	-	Misura manuale/automatico	0 = manuale 1 = automatico
6	-	Richiesta salvataggio configurazione	0 = no, nessuna richiesta 1 = si, salva configurazione
7	-	Misura attiva/in autoazzeramento	0 = attiva 1 = viene chiesto l'autoazzeramento dello strumento

byte 7 Checksum

E' la somma algebrica dei sei byte di dati (byte di comando compreso), troncata al byte inferiore.

Se ipoteticamente la somma dei byte precedenti corrisponde a 02FBH (valore 02FB in rappresentazione esadecimale) questo byte vale FBH.

CERTIFICATO DI COLLAUDO

MODELLO STRUMENTO 20024
MATRICOLA STRUMENTO _____
BATTERIE OK
PORTA USB OK
TEMPERATURA di TARATURA _____

PORTATA	VALORE CAMPIONE	VALORE MISURATO	PRECISIONE DICHIARATA (alta/bassa corrente)	RISULTATO
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 ‰ / 0,7 ‰	OK
32μΩ			0,7 ‰	OK

TEST NOISE OK
TEST EMC OK
TEST BURN-IN OK
MANUALI, CAVI, SOFTWARE OK

Si certifica che lo strumento risulta conforme alle specifiche tecniche ad esso relative, secondo quanto dichiarato nelle caratteristiche tecniche.

Data _____ Il Verificatore _____ Il Collaudatore _____

DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ

La PEDRANTI ELIO, via Cesare Battisti 33/B, Cardano al Campo – Varese, dichiara sotto la propria responsabilità, che lo strumento **20024**, al quale questa dichiarazione si riferisce, è conforme alle norme previste dalla direttiva CEE 89/336.

Cardano al Campo, 07/07/08

. Pedranti Elio .