

*Alcune soluzioni di Keithley Instruments per il collaudo di connettori, componenti sempre più vitali delle moderne apparecchiature elettroniche*

## Soluzioni per il collaudo in produzione di connettori

Gian Luca Clerici  
Application Engineer  
(Keithley Instruments)

Con la diffusione capillare dell'elettronica, anche l'importanza dei connettori elettrici è aumentata considerevolmente.

Connettori ad alta qualità sono vitali per l'affidabilità in applicazioni che vanno dai motori dei veicoli ai sistemi di telecomunicazione transoceanici. Il grado ed il tipo di test elettrico di tali connettori dipende tipicamente da quanto siano essi cruciali nell'apparato elettronico nel quale sono installati.

Ovviamente, connettori utilizzati nei sistemi di comunicazione internazionale sono più critici rispetto a quelli della porta seriale di un PC desktop. I parametri comunemente misurati nel connector testing sono l'isolamento e la continuità (Fig.1).

Le misure di isolamento sono effettuate tra i pin adiacenti del connettore o tra i pin e la shell del connettore stesso.

Il test di continuità assicura che una volta installato il connettore, i segnali elettrici possano essere trasmessi correttamente.

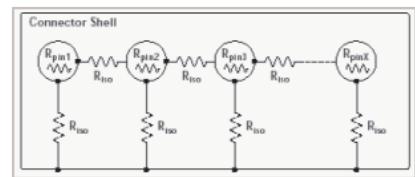
### Descrizione dei test

*Resistenza di isolamento*

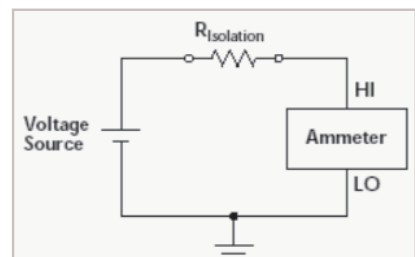


Essenzialmente, le misure di isolamento verificano che nessun pin del connettore sia cortocircuitato l'uno con l'altro. A causa del restringimento delle geometrie dei circuiti elettronici attuali e le sempre più alte frequenze in gioco, l'isolamento è di fondamentale importanza per questioni di affidabilità e per la minimizzazione del crosstalk. Un connettore privo di short oggi, può averne in futuro in un ambiente con elevato calore e vibrazioni.

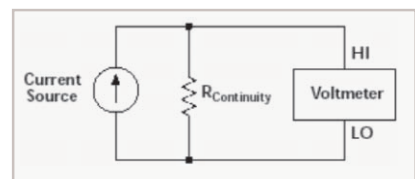
L'isolamento è tipicamente testato applicando una tensione tra una coppia di pin e misurando la corrente che scorre tra di loro (Fig. 2). Il corrispondente valore di resistenza viene comparato a predefiniti valori soglia e rigettato qualora sia troppo basso. Livelli di soglia comunemente utilizzati hanno un range da



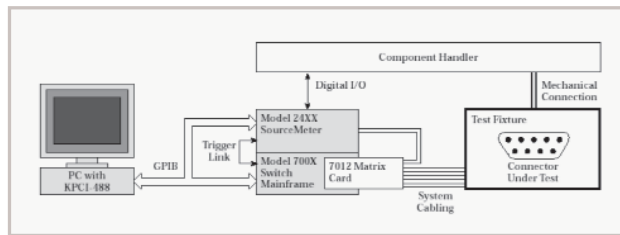
**Fig. 1 - Equivalente elettrico di un connettore che evidenzia la continuità dei pin e la resistenza di isolamento**



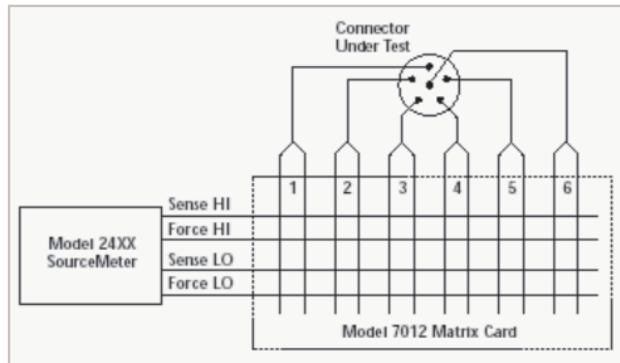
**Fig. 2 - Metodo a tensione costante per la misura di elevate resistenza**



**Fig. 3 - Metodo a corrente costante per la misura di resistenze di valore basso**



**Fig. 4 - Schema a blocchi di un semplice sistema di test**



1Mohm a 1Tohm. La resistenza di isolamento è indicata come  $R_{iso}$  in figura 1.

**Continuità**

Dal momento che l'affidabilità nel lungo periodo dei connettori diventa sempre più importante, le performance di continuità dall'input all'output del connettore diventano di fondamentale importanza. Tipicamente, la continuità è testata iniettando corrente attraverso il pin e misurando la caduta di tensione. I pin dei connettori sono spesso realizzati con leghe metalliche, di conseguenza il risultato del test è un valore di resistenza molto basso. La continuità è mostrata in figura 1. come  $R_{pin}$ .

Nella misura di continuità l'utilizzo di correnti di test sufficientemente elevate assicura che il segnale di tensione risultante sia al di sopra del livello di rumore del test system. Un Digital Multimeter (DMM) con low voltage noise può essere utilizzato per misurare la resistenza del pin direttamente, come in figura 3.

**Sistema di test general purpose**

La serie Keithley 2400/ 2410 SourceMeter Instruments fornisce delle sorgenti Low-Noise di corrente e tensione con capacità di misura e rappresenta la scelta più indicata per il testing dei connettori.

Entrambi hanno una source current capability fino a 1A ; il 2400 può fornire fino a 210V, mentre il 2410 è in grado di erogare fino a 1100V. Tipicamente i con-

nettori contengono molti pin, di conseguenza sono necessari canali di misura multipli: il modo più conveniente di aggiungere tali canali di misura è quello di includere una unità di switching (per es. 7001 Switch Mainframe +7012 Matrix Card) nel test system. In tal modo, l'utente è in grado di connettere il SourceMeter a specifici punti sul connettore per il testing, mantenendo isolati i rimanenti punti. Inoltre, qualora un PC fosse aggiunto al sistema per il controllo dello switching e dello strumento, l'intero sistema risulta automatizzato, eliminando di fatto la supervisione di un operatore.

La figura 4 illustra una semplice configurazione del test system. Tale sistema risolve misure di  $10\mu\text{Ohm} < R < 20\text{Gohm}$

**Sistema di test per basse resistenze (continuità)**

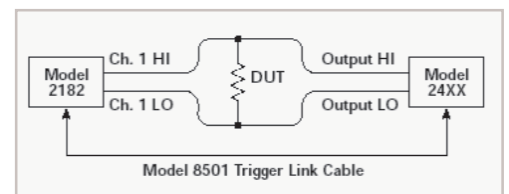
Con una soluzione a singolo DMM, molto spesso accade che sia impossibile forzare una corrente attraverso i pin del connettore tale da produrre una caduta di tensione sufficiente per la misura. È dunque spesso necessario dividere la sorgente di corrente dal misuratore di tensione. Quando accoppiato con il modello 2400 SourceMeter, il modello 2182 Nanovoltmeter consente di misurare resistenze dell'ordine dei 100nOhm. Il "Delta Mode" del 2182 (Fig.5) permette di ovviare ai problemi tipici delle misure di bassa impedenza

causate dagli effetti termoelettrici (EMF, tensioni sviluppate quando conduttori di materiali differenti sono messi a contatto). Tale modalità comporta l'esecuzione di 2 distinte misure: la prima ( $V_2$ ) è effettuata in corrispondenza del livello di corrente positivo ( $I_2$ ), mentre la seconda ( $V_1$ ) a quello di polarità invertita ( $I_1$ ). Queste due misure sono poi sottratte e la resistenza misurata come di seguito:

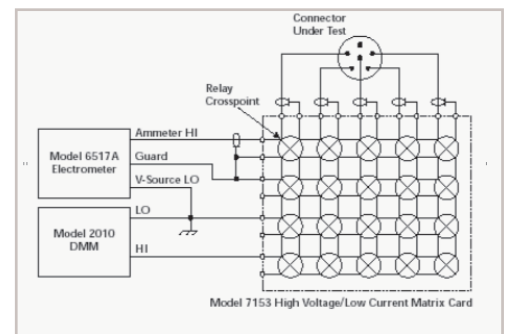
$$\text{Delta Mode Ohm} = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$$

**Sistema di test per alte resistenze**

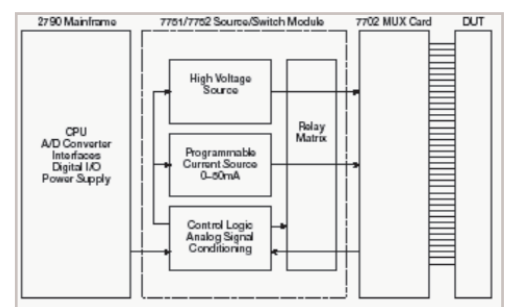
Per connettori ad uso specialistico, le specifiche di test richiedono risoluzioni molto spinte a livelli di resistenza  $> 1\text{Gohm}$ .



**Fig. 5 - Misura Delta-mode utilizzando i mod. 2182 e 2400**



**Fig. 6 - Configurazione a matrice**



**Fig. 7 - Una soluzione alternativa può essere rappresentata dal mod. 2790-H**

Quando l'accuratezza è critica nel testing di connettori ad alta resistenza, il modello 6517 High resistance/Electrometer è una soluzione più appropriata del Source Meter.

Il 6517 può infatti misurare fino a  $10^{15}$  Ohm usando la sorgente di tensione (fino a 1000V) e un picoammeter interni (Fig. 6).

### Soluzioni alternative

Un sistema alternativo per la misura di resistenza dei connettori è rappresentato dal Keithley 2790-H. Espressamente ideato per il test specifico degli airbag inflator, trova naturale collocazione anche nell'ambito del test di connettori e cavi. Il 2790-H ingloba in un unico half-rack mainframe le funzionalità di SourceMeter, switch, DMM (Fig.7). Attraverso i metodi di misura, già introdotti precedentemente (constant current e constant voltage methods), consente la misura di resistenze di isolamento e di continuità, nonché misure di temperatura, frequenza, tensioni e correnti (AC e DC).

### Metodi e tecniche per ovviare alle sorgenti di errore

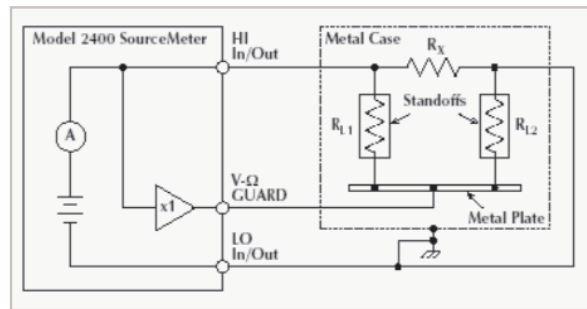
#### Noise

Può essere generato da molteplici sorgenti nell'ambiente produttivo, quali luci fluorescenti, apparecchiature, motori elettrici, aree metalliche estese che fungono da antenne e così via che possono generare piccole tensioni nel circuito di misura.

Per minimizzare tali effetti di interferenza elettrostatica / elettromagnetica è necessario che tutto il sistema di cavi sia opportunamente schermato. Tutti gli shield devono essere connessi a massa in una configurazione "a stella" in modo tale che siano tutte le masse siano connesse in un unico punto, per impedire la formazione di ground loops.

#### Correnti di leakage

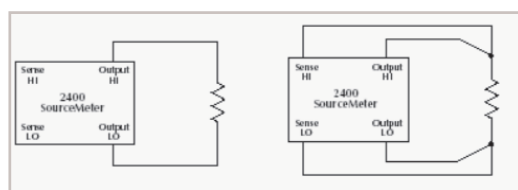
Le correnti di leakage nei cavi e nelle test fixture possono essere una fonte di errore nelle misure inerenti a resistenze molto elevate. Un meto-



**Fig. 8 - La resistenza da misurare è montata su due stand off isolanti**

do per la riduzione di tali correnti consiste nell'utilizzo di test fixture con isolamento maggiore delle impedenze da testare e/o l'adozione di un riferimento di guard. Quest'ultimo è un punto ad alta impedenza allo stesso potenziale di un altro punto a bassa impedenza del circuito di test. In riferimento alla figura 7, si può notare che la resistenza da misurare ( $R_x$ ) è montata su due stand-off isolanti ( $R_1$ ). Il terminale di guard è utilizzato in per assicurare che tutta la corrente fluisca in  $R_x$ , non negli stand-offs. La guardia (uscita del buffer) rende il terminale inferiore di  $R_1$  allo stesso potenziale del terminale superiore. Dal momento che i due terminali dell'isolante sono circa allo stesso potenziale, non può scorrere attraverso di esso una significativa corrente. Inoltre il terminale LO deve essere connesso ad uno schermo metallico in modo tale da evitare noise

**Fig. 9 - Tecnica a "due fili" (a sinistra) e a "quattro fili" (a destra)**



dovuto al common mode a altre interferenze.

#### Resistenze dei test lead

Una comune sorgente di errori quando si misurano resistenze piccole (<100 Ohm) è la resistenza in serie

dei lead che vanno dallo strumento al DUT (Device Under Test). Tale resistenza serie è aggiunta alla misura quando vengono effettuate delle connessioni "2-wire" (Fig. 9). Gli effetti della lead resistance sono particolarmente significativi quando sono usate correnti elevate con cavi di connessione piuttosto lunghi, dal momento che la caduta di tensione ai capi delle lead resistance stesse diventa influente se paragonata con la tensione misurata. Per eliminare il problema, utilizzare un remote sensing (4-wire o kelvin connection). Con tale metodo una corrente viene forzata usando una coppia di fili e la caduta di tensione è misurata attraverso una seconda coppia direttamente connessa ai capi del DUT.

#### Cable capacitance

Il valore di capacità nel cablaggio del sistema di test determinerà il settling time richiesto per ottenere una misura accurata. Tale settling time è determinato dalla costante di tempo  $t = RC$  del sistema, per cui un valore elevato di resistenza può avere come effetto un settling time significativo anche in presenza di valori di capacità relativamente bassi.

Per la migliore accuratezza delle misure lasciare trascorrere un intervallo di tempo pari a  $4/5$  volte il valore di  $t$ .

Il Settling time può essere ridotto mantenendo la lunghezza dei cavi la più piccola possibile, adottando guarding del sistema e usando un metodo di misura del tipo Source voltage/measure current.

**Keithley Instruments**  
Reader Service n° 17