

Misura e rumore

Ogni misura è intrinsecamente affetta da una certa quantità di rumore e ciò vale, considerati i bassi livelli di segnale, soprattutto per la misura con microohmmetri. Vediamo come è possibile cercare di comprenderne le cause e ridurlo.

Il rumore ambientale

Con questo termine comprenderemo i vari tipi di rumore o effetti che disturbano la misura e che non sono imputabili allo strumento di misura. Di seguito vi è una breve rassegna delle varie componenti di rumore con consigli e suggerimenti su come ridurle o evitarle.

Disturbi elettromagnetici

Cause: Campi elettromagnetici variabili o stazionari possono concatenarsi con i cavi di misura, in particolare con quelli di tensione, generando segnali indesiderati in presenza di una variazione del campo. Campi variabili possono essere dovuti alla corrente a 50Hz di lampade, motori, computer e cento altre cose i cui cavi di alimentazione passano in prossimità dei cavi connessi alle boccole di tensione dello strumento.

Nel caso di campi magnetici dovuti a calamite o a correnti continue il disturbo può generarsi se vi è un movimento relativo fra la sorgente del campo e i cavi di tensione, ovvero se vi è un movimento dei cavi di tensione o della sorgente del campo.

Effetti: Se la causa è da imputare alla rete di alimentazione il disturbo si presenta come una misura instabile con variazione casuale la cui entità può variare, in più o in meno, a seconda che intervengano o vengano a mancare altre cause di disturbo: motori, spostamento di cavi di potenza, ecc.

Se il campo è statico e vi è una oscillazione fra sorgente e cavi il disturbo si presenta come una fluttuazione della misura attorno ad un valore medio.

In caso di vibrazioni la misura subisce variazioni casuali come per la presenza di disturbi imputabili alla rete, questo perché la banda dello strumento non è in grado di seguire le veloci variazioni del campo e perché la misura è asincrona col campo stesso.

Nel caso di misure su avvolgimenti di trasformatori o motori, ma anche di bobine in aria, è sufficiente muovere pezzi meccanici nelle vicinanze dell'elemento sotto prova (cacciaviti, chiavi, o peggio calamite, ecc.) per avere delle momentanee variazioni nella misura anche tali da mandare in fuori scala lo strumento, in particolare su strumenti o portate con elevata sensibilità in tensione.

Rimedi: Evitare di porre i cavi di misura nelle vicinanze di cavi di rete, assicurandosi che non subiscano tremolii od oscillazioni o che vi siano oggetti in movimento, soprattutto con campi magnetici, nelle vicinanze.

Tenere i cavi di misura il più corti possibile ed eventualmente attorcigliare quelli di tensione, come avviene per il doppino telefonico. Le schermature (cavi schermati, tubi, canaline, ecc.) possono essere di aiuto ma queste devono servire solo ai cavi dello strumento connettendole solamente da un lato allo strumento stesso.

Potenziali di contatto ed effetti termoelettrici

Cause: I potenziali elettrici sono funzione della temperatura e di metalli diversi fra loro a contatto. Tale effetto, scoperto da Volta, è alla base del funzionamento delle pile, ma l'entità del disturbo è molto più modesta poiché non si ha la creazione di una vera e propria pila.

Vi è anche un altro effetto scoperto da Seebeck che genera una tensione se lungo un circuito elettrico vi è un gradiente di temperatura. E' sufficiente che i capi dei cavi di tensione vi sia una differenza di temperatura per generare il disturbo.

Effetti: L'entità degli effetti Volta e Seebeck è modesta ed è compresa fra qualche decimo di microvolt e la decina di microvolt a seconda dei metalli a contatto, per cui su strumenti di bassa risoluzione passa spesso inosservato, mentre diventa visibile quando si raggiungono risoluzioni dal decimo di microohm in giù, pari a sensibilità in tensione fra il microvolt e i 10 nanovolt.

Rimedi: Per il primo tipo di disturbo poiché la tensione di disturbo è funzione sia dei metalli a contatto che di eventuali sostanze sulle superfici di contatto come unto, acidi, ossidi ecc., è possibile ridurre l'influenza negativa pulendo bene le superfici e facendo un azzeramento dello strumento accertandosi anche che non vi siano apprezzabili variazioni di temperatura.

Se la causa del disturbo è l'effetto Seebeck occorre evitare differenze di temperatura fra i terminali dei cavi di tensione (quelli di corrente non sono influenzati da questi fenomeni) tenendoli lontani da sorgenti di calore.

Fortunatamente entrambi i disturbi tendono a manifestarsi con la medesima polarità sia sul cavo positivo che quello negativo, tendendo ad elidersi, poiché i tipi di materiale a contatto sia dal lato strumento e lato provino sono quantomeno simili, così pure la differenza di temperatura dei cavi di tensione difficilmente è apprezzabilmente diversa.

Effetti piezoelettrici e triboelettrici

Cause: Molti materiali, se deformati, possono generare tensioni. Alcuni in particolare, se opportunamente trattati e lavorati, arrivano a dare anche decine di volt.

Pressioni, torsioni o altri stress meccanici su circuiti stampati o altri sistemi sotto misura possono causare disturbi anche di decine di microvolt, soprattutto se la sorgente del disturbo si trova in serie ai cavi di tensione.

Effetti: La misura risulta velocemente variabile durante l'applicazione della deformazione per poi assestarsi lentamente al valore reale. Entità e velocità della variazione dipende molto dal materiale e dallo stress che esso ha subito.

Rimedi: Evitare stress meccanici a qualsiasi elemento presente lungo la catena del segnale di tensione.

Il rumore strumentale

Ovviamente anche lo strumento non è immune da rumore e più in dettaglio si può avere una fluttuazione casuale della misura ed una deriva. Entrambe possono dipendere da cause esterne come variazioni di temperatura o correnti d'aria che alterano i potenziali di contatto lungo il segnale di tensione, ed in tal caso occorre identificarne le cause fra quelle precedentemente descritte. Fra i motivi propri dello strumento che in particolare generano delle derive di misura vi sono il riscaldamento dei singoli componenti elettronici e dell'ambiente interno dello strumento dopo l'accensione.

I due tempi di assestamento hanno tempi ben diversi e vanno da qualche minuto per i componenti a qualche decina di minuti per lo strumento nel suo insieme. Se per il rumore casuale interno tutto è demandato ad un buon progetto, la deriva dipende anche dal sapere attendere, da parte dell'operatore, qualche decina di minuti prima di eseguire misure particolarmente critiche, in particolar modo quando si utilizzano le portate inferiori o si scelgono basse correnti di misura dove le sensibilità raggiungono 10 – 100 nanovolt.

Alcuni strumenti hanno la possibilità di ridurre anche notevolmente il rumore, inevitabile a questi livelli di tensione, eseguendo un'operazione di filtraggio sui dati. Tanto maggiore è tale azione, tanto più pulito rimane il segnale, ma a scapito della velocità di misura che si riduce in maniera proporzionale. Questa riduzione della velocità spesso non ha molta importanza perché, considerato il tipo di misura e l'elevata risoluzione desiderata, ha prevalenza l'accuratezza.

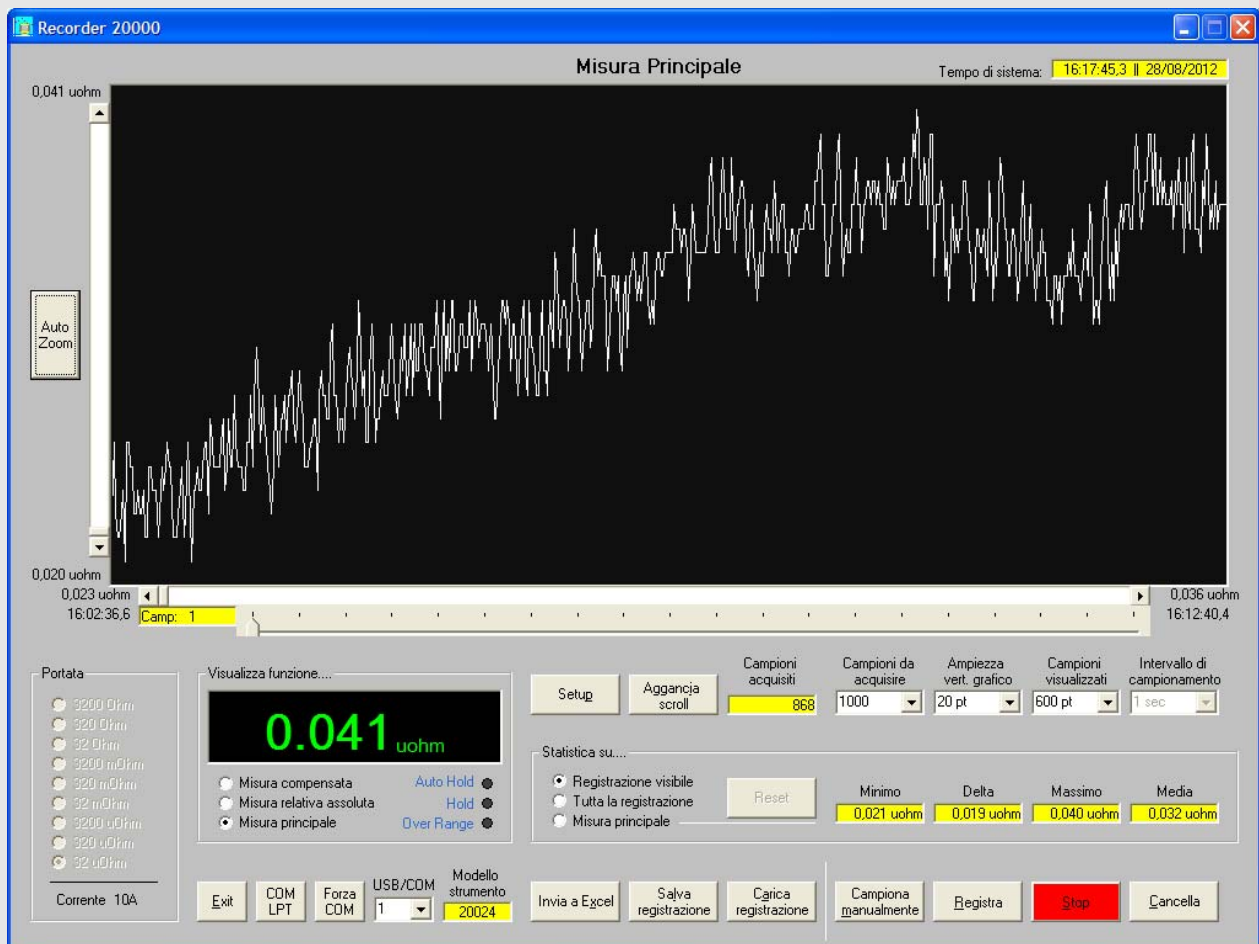
Il nostro strumento di punta, il nanoohmmetro modello 20024, ha un rumore bassissimo, ma ha anche la possibilità di selezionare un filtro fra un valore minimo di 1 (nessun filtraggio) ed un massimo di 64 (media mobile su 64 acquisizioni). Sulla portata minima, con fondo scala di 32 microohm e risoluzione di 1 nanoohm, il filtro minimo selezionabile è pari a 8.

Nell'immagine sottostante è visibile una registrazione eseguita con il nostro software RECORDER 20000 dove compaiono 600 campioni, pari a 10 minuti) con un'ampiezza totale della finestra di 20 punti, che nel caso particolare corrispondono a 20 nanoohm, ovvero 200 nanovolt. La registrazione è stata eseguita sulla portata inferiore dello strumento 20024 mettendo in corto le boccole di tensione ed impostando il filtro minimo pari a 8. Dopo una breve deriva iniziale, che termina a circa 5 minuti dall'avvio della registrazione e della prova, si raggiunge l'assestamento termico interno che ha dato luogo ad una variazione corrispondente a circa 10 nanoohm, pari a 100 nanovolt. A questo punto il segnale si assesta con un'oscillazione contenuta entro ± 4 nanoohm, equivalenti a ± 40 nanovolt.

La deriva è imputabile ad un incremento interno della temperatura di qualche grado dovuta alla generazione della corrente di misura di 10A. Tale effetto può essere ridotto eseguendo la misura in tempi brevi prima che inizi il riscaldamento, come visibile nel primo minuto di registrazione, o attendendo 10-15 minuti per dare modo che l'assestamento termico abbia atto. La scelta sta all'operatore ed alla modalità di misura richiesta: ovvero se ciò che serve è una serie di acquisizioni nel tempo è sicuramente meglio attendere l'assestamento delle misure prima di eseguire la procedura di azzeramento per ottenere la massima precisione possibile. Al contrario se occorre fare una breve misura è consigliabile prima eseguire l'azzeramento.

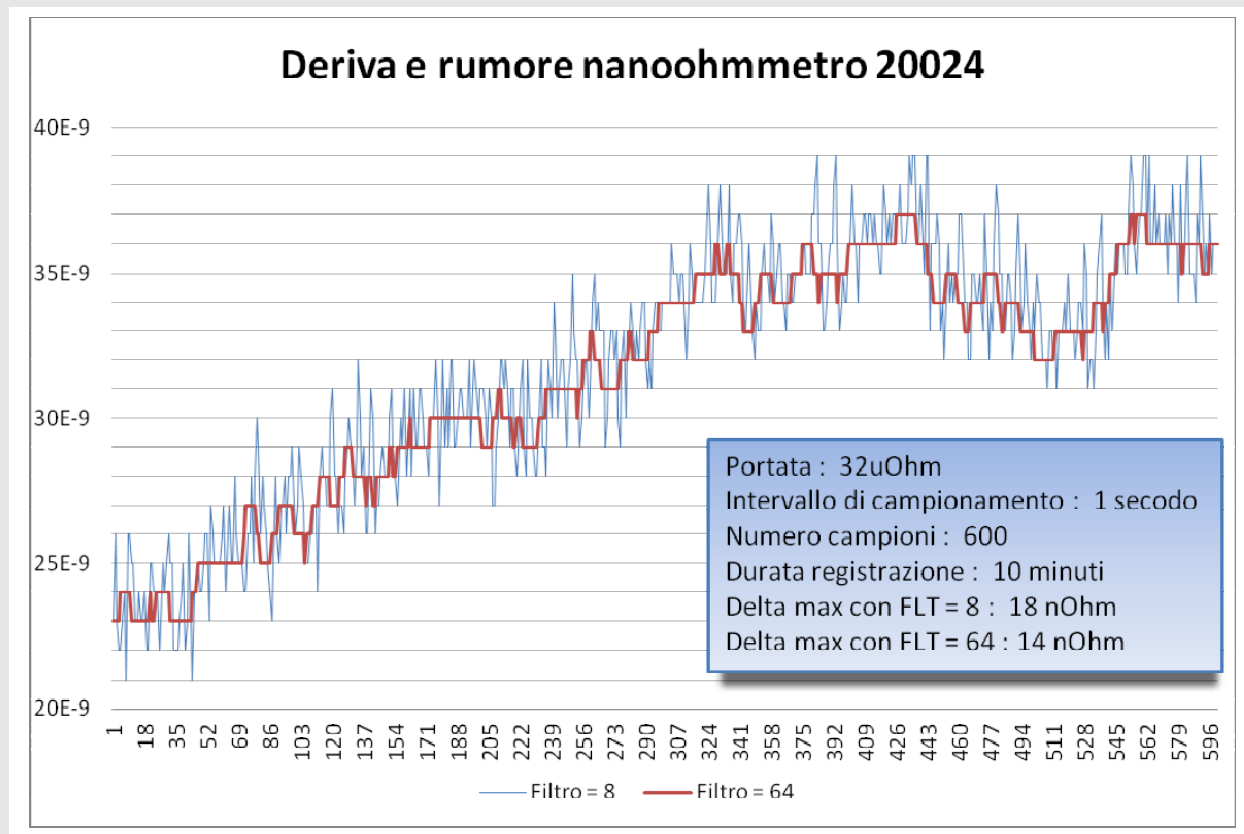
Come accennato nelle pagine precedenti i bassissimi livelli di segnale sono suscettibili a vari tipi di disturbi, compresi gli offset e derive interni allo strumento che, seppur molto limitati e dell'ordine del centinaio di nanovolt, sono rilevabili e significativi sulle portate più basse. Ecco perché è doveroso un azzeramento.

Un accorgimento per ridurre la generazione di calore interna è di sfruttare la batteria, presente di serie nello strumento 20024, scollegando il cavo di rete. A batteria carica l'autonomia raggiunge l'ora di funzionamento anche con una corrente di misura di 10A.



Nel grafico successivo compaiono due curve: la più frastagliata è la medesima riportata nell'immagine sopra sovrapposta ad una seconda che rappresenta la medesima registrazione, ma con un filtro posto a 64.

Come si può facilmente rilevare il rumore interno dello strumento, considerato su un intervallo di tempo di un minuto circa, è di ± 3 nanoohm (± 30 nanovolt) con filtro pari a 8 (traccia azzurra), che si riduce a soli $\pm 1,5$ nanoohm (± 15 nanovolt) con filtro di 64 (traccia rossa).



Conclusioni

Quando ci si cimenta con resistenze di basso e bassissimo valore e sono richieste anche elevate risoluzioni non si deve mai fare l'errore di sottovalutare il modo di fare la misura, sia nell'utilizzo dello strumento che nelle condizioni di contorno. Diventa indispensabile porre l'attenzione nello sfruttare al meglio lo strumento e considerare tutti i modi per ridurre l'influenza ambientale.

Quando la risoluzione in tensione della misura raggiunge i 10 microvolt e scende a valori anche notevolmente inferiori i fenomeni in gioco, che normalmente sono assolutamente trascurabili, non possono essere più tralasciati.

E' sufficiente considerare che se nel campo dell'elettrotecnica un millivolt è una risoluzione pressoché insignificante, in elettronica potrebbe rappresentare un fondo scala molto elevato, mentre diventano piccoli segnali dell'ordine dei 10 nanovolt o meno, ossia ben mille milioni di volte inferiori a quelli di normale uso per un elettrotecnico.

A cura del servizio tecnico e assistenza clienti