

SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI PC-BASED

Un tipico sistema di acquisizione dati di tipo PC-based ha quattro componenti hardware fondamentali (Fig.1): una morsettiera, un cavo, un dispositivo DAQ (Data Acquisition Board) e un PC. In questa sezione viene descritto ciascun componente, e vengono inoltre approfonditi alcuni aspetti fondamentali di un dispositivo DAQ.

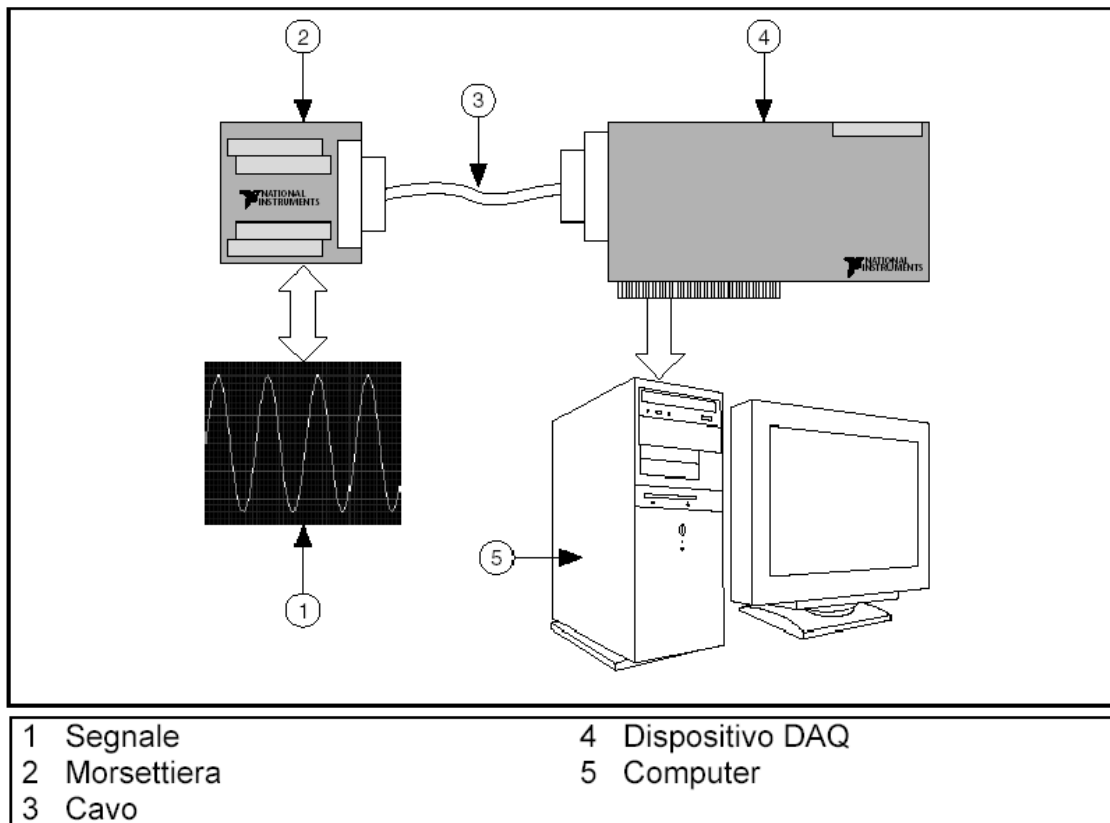


Fig.1

Morsettiera e cavo

La morsettiera fornisce un posto per il collegamento dei segnali di I/O. Vi sono morsetti a vite o a scatto per il collegamento dei segnali e, un connettore per allacciare il cavo che collega la morsettiera ad un dispositivo DAQ. Le morsettiere hanno 100, 68 o 50 terminali. Il tipo di morsettiera dipende da due fattori: dal dispositivo e dal numero di segnali che devono essere misurati. Una morsettiera con 68 terminali offre più terminali di terra per collegare un segnale rispetto ad una con 50 terminali. Avere più terminali di terra consente di evitare collegamenti sovrapposti per raggiungere un terminale di terra, cosa che può causare interferenze tra i segnali.

La figura 2 mostra la disposizione dei terminali a vite. Le morsettiere possono essere schermate o meno. Le morsettiere schermate offrono una protezione migliore contro il rumore. Alcune morsettiere possiedono caratteristiche ulteriori, come la compensazione del giunto freddo, necessaria per la misura corretta con una termocoppia.

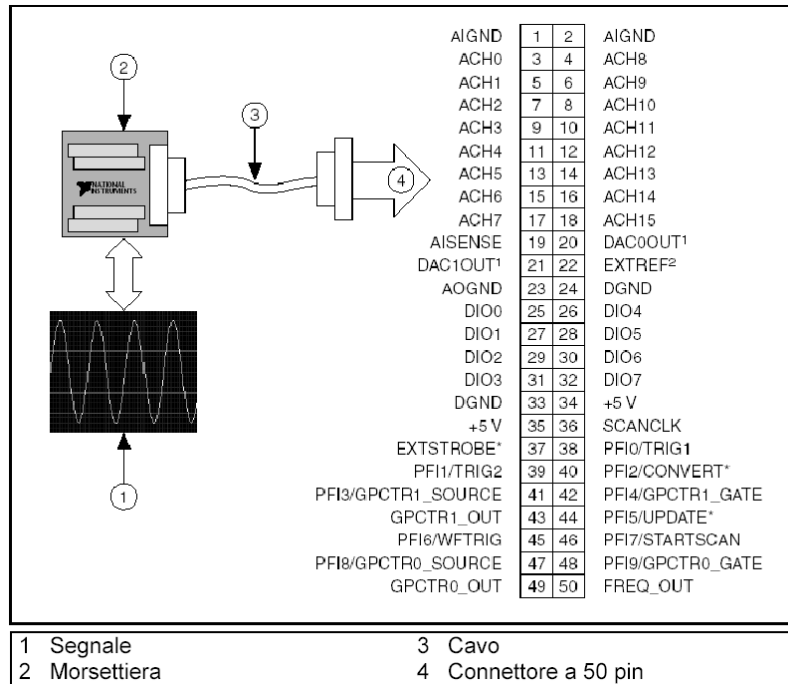


Fig.2

Per quel che riguarda il cavo, esso trasporta il segnale dalla morsettiera al dispositivo DAQ. I cavi sono a 100, 68 o 50 pin. Tra questi si sceglie quello compatibile con la morsettiera e il dispositivo DAQ scelto. I cavi, come le morsettiere, sono schermati e non schermati: a piattina non schermato, tubolare schermato e tubolare schermato con ferriti. Quelli schermati offrono una maggiore reiezione alle interferenze elettromagnetiche esterne.

Dispositivi DAQ

La maggior parte dei dispositivi DAQ possiede quattro elementi standard: ingresso analogico, uscita analogica, I/O digitali e contatori. I più comuni dispositivi DAQ della National Instruments sono quelli della serie E.

Un tipico dispositivo della serie E consiste in 16 canali d'ingresso analogici, due canali di uscita analogici, otto linee digitali e due contatori. Il segnale acquisito può essere trasferito al computer tramite diverse di strutture a bus: PCI, PCMCIA, USB.

COMPONENTI PRINCIPALI DI UN DISPOSITIVO DAQ

La figura 3 mostra i componenti di un dispositivo DAQ.

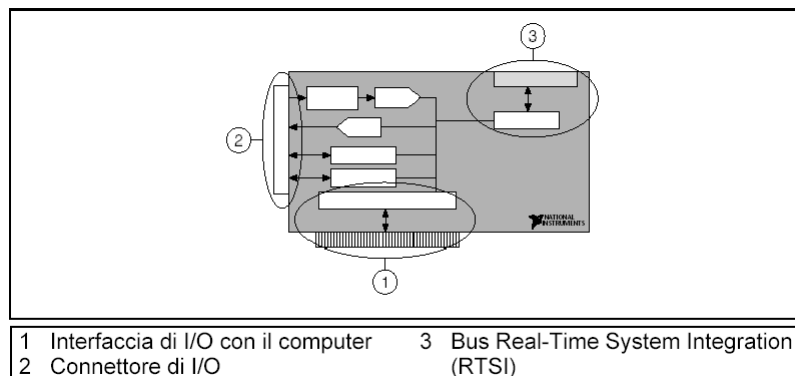


Fig.3

Interfacce

Un tipico dispositivo DAQ possiede tre interfacce per la ricezione e l'invio di segnali: il connettore di I/O, i circuiti per l'interfacciamento con il computer e il bus Real-Time System Integration (RTSI).

Connettore di I/O: mezzo mediante il quale il segnale entra o lascia il dispositivo DAQ. Il connettore di I/O ha 100, 68 o 50 pin, in funzione del dispositivo. Un'estremità del cavo è collegata al connettore di I/O e l'altra alla morsettiera. La legenda dei pin si può trovare nel manuale dell'hardware del dispositivo DAQ.

Circuiti per l'interfacciamento con il computer: I circuiti per l'interfacciamento con il computer trasferiscono l'informazione tra il dispositivo DAQ e il computer. I circuiti per l'interfacciamento con il computer possono differire in funzione del protocollo del bus in uso. Per esempio, il bus PCI ha i terminali di collegamento inseriti in uno slot PCI mentre il collegamento USB richiede un cavo.

Bus Real-Time System Integration (RTSI): Il bus RTSI condivide e sincronizza i segnali tra diversi dispositivi DAQ sullo stesso computer. Per esempio, se si vogliono due dispositivi che acquisiscono un ingresso analogico alla stessa velocità, potete condividere un segnale di clock tramite il bus RTSI affinché lo utilizzino entrambi i dispositivi.

Circuiti di ingresso analogici

Dopo essere entrato nel connettore di I/O, il segnale d'ingresso analogico passa attraverso i circuiti d'ingresso analogici prima che arrivi al convertitore analogico-digitale (ADC). I circuiti d'ingresso analogici consistono in un multiplexer e in un amplificatore da strumentazione. La figura 4 mostra in dettaglio i circuiti d'ingresso analogici.

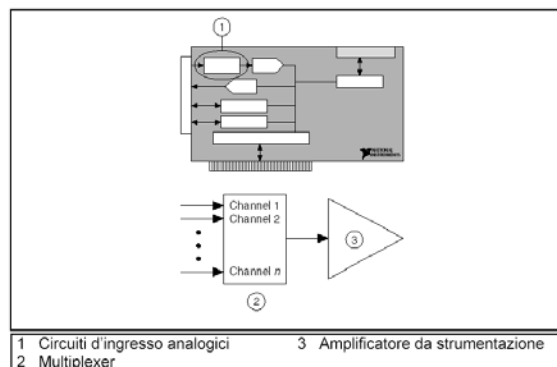


Fig.4

Multiplexer: Il multiplexer (MUX), è un selettore che collega solo uno dei diversi canali d'ingresso per volta all'amplificatore dello strumento. Quando vengono acquisiti dati da più canali, il mux seleziona i canali, collegandoli uno alla volta al successivo amplificatore.

Amplificatore da strumentazione: L'amplificatore da strumentazione può amplificare o attenuare il segnale che riceve. Lo scopo dell'amplificatore è quello di far rientrare il più possibile il segnale nel range dell'ADC. L'amplificazione o l'attenuazione del segnale corrisponde all'applicazione di un guadagno. Il guadagno corrisponde all'amplificazione applicata. Per esempio un guadagno di due amplifica il segnale di due volte. Un guadagno di 0,5 rende il segnale due volte più piccolo, quindi lo attenua.

Convertitore analogico-digitale (ADC)

Il convertitore analogico-digitale (ADC) (Fig.5) converte la tensione analogica in un numero digitale. I circuiti d'ingresso analogici si combinano con il convertitore ADC per acquisire un segnale analogico affinché si possano misurare il livello, la forma o la frequenza di quel segnale. Essendo solitamente l'ADC unico, il campionamento dei vari canali avviene in maniera non simultanea, introducendo così un ritardo tra un canale e l'altro detto *interchannel delay* (Fig.6).

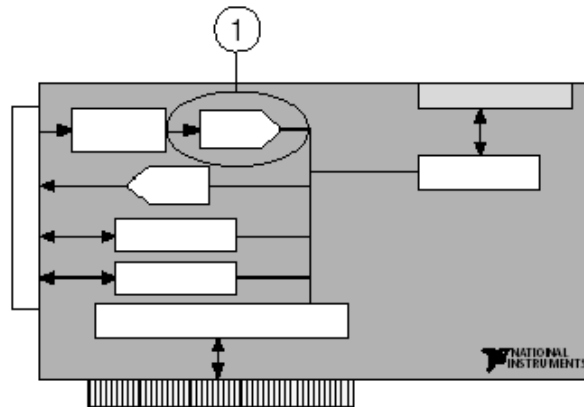


Fig.5

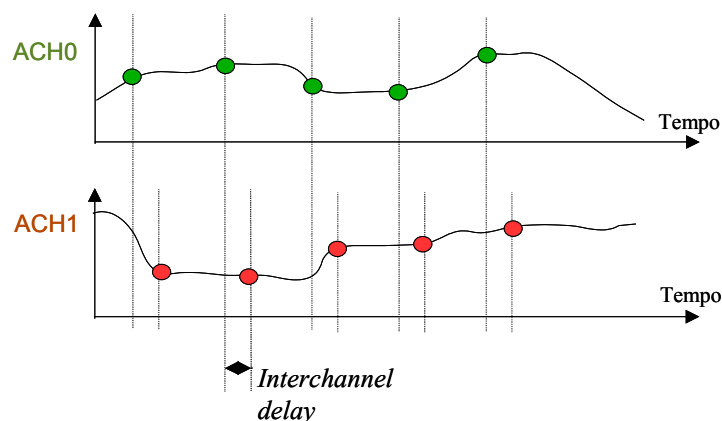


Fig.6

A causa dell'interchannel delay, la relazione di fase tra i segnali viene persa. Spesso alcune schede di acquisizioni dati sono dotate anche di dispositivi Sample and Hold per ovviare a questo problema.

Convertitore digitale-analogico (DAC)

Il convertitore digitale-analogico (DAC) (Fig.7), esegue il compito opposto di un ADC. Esso converte un dato digitale in un segnale analogico che viene posto in uscita tramite il connettore di I/O. Un DAC è utile per la generazione di segnali in c.c. (livelli), toni specifici (frequenze) e forme

d'onda. Si possono utilizzare le funzioni delle uscite analogiche di un dispositivo DAQ in applicazioni che vanno dai sistemi di controllo che utilizzano un controllo derivativo integrale proporzionale (PID) per il controllo di servomotori alla generazione di una serie di toni specifici per una sirena o un allarme, ecc.

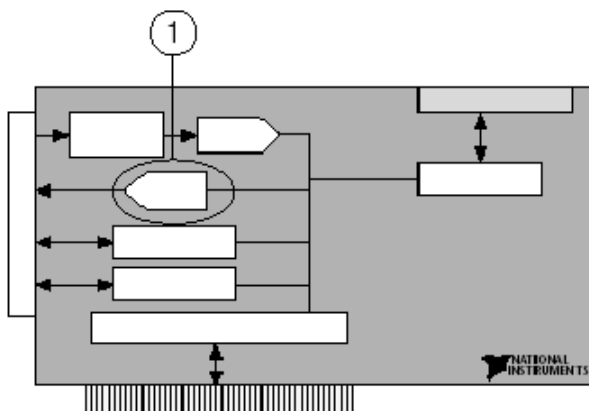
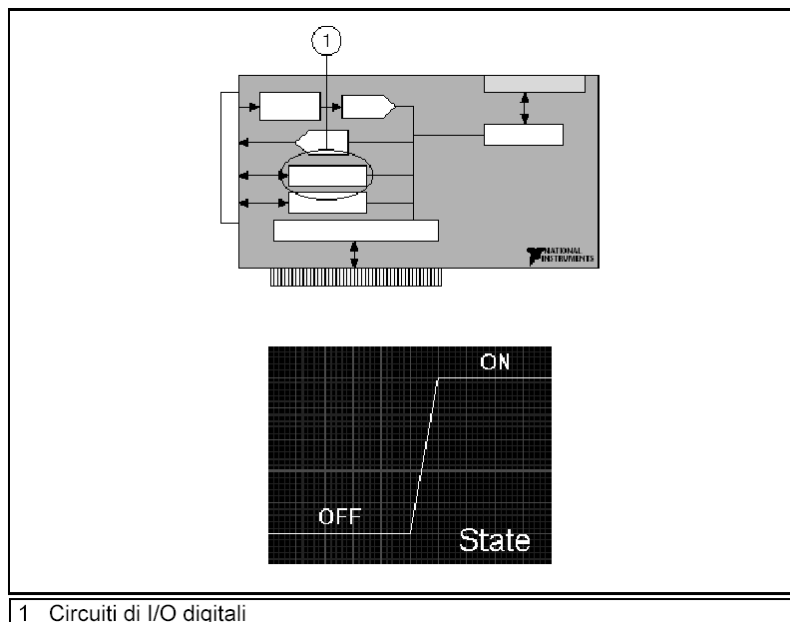


Fig.7

Circuiti di I/O digitali

I circuiti di I/O digitali (Fig.8) possono svolgere sia funzioni d'ingresso che di uscita. Un tipico dispositivo DAQ della serie E possiede otto linee digitali che possono acquisire o generare segnali digitali. Le linee digitali non hanno circuiti di temporizzazione o di handshaking. Quindi sono utili per la misura dello stato di un segnale digitale ma non per misure di periodo o frequenza. Gli I/O digitali possono essere utilizzati in applicazioni che vanno dal monitoraggio di un interruttore per vedere se ha cambiato stato al controllo di un relé.



1 Circuiti di I/O digitali

Fig.8

Circuiti di conteggio

I contatori acquisiscono e generano segnali digitali (Fig.9). Essi possiedono segnali di temporizzazione interni che costituiscono la base dei tempi e che li rendono ideali per la misura della frequenza di un segnale digitale. Possono essere utilizzati in applicazioni che vanno dalla misura della frequenza di un asse di motore al controllo di motori *stepper* mediante generazione di uno specifico treno di impulsi.

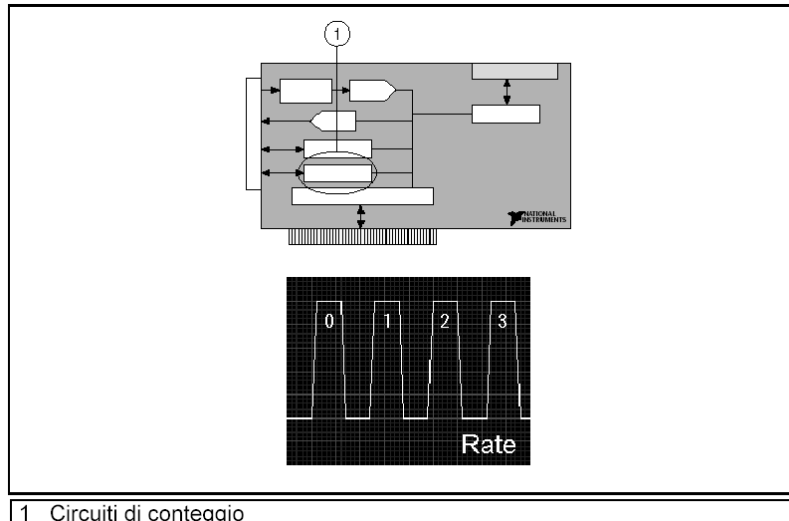


Fig.9

MODALITA' DI COMUNICAZIONE DI UN DISPOSITIVO DAQ CON IL PC

Base I/O Address: Un dispositivo DAQ comunica con un computer principalmente con i suoi registri. NI-DAQ scrive sui registri di configurazione del dispositivo per configurarlo e legge i registri dei dati sul dispositivo per ottenere lo stato del dispositivo o una misura del segnale. L'impostazione dell'indirizzo di I/O di base determina dove risiedono i registri del dispositivo nello spazio di I/O del computer.

Interrupt Request (IRQ): Un altro modo con cui il dispositivo DAQ comunica con il computer è attraverso gli interrupt del processore, che forniscono al processore la possibilità di rispondere rapidamente alle sue periferiche. Nel caso di un dispositivo DAQ, non risulta efficiente per il processore verificare continuamente se i dati sono pronti da leggere dal dispositivo. Un dispositivo DAQ può utilizzare un interrupt che segnala al processore che ha i dati in attesa di essere letti. Ogni richiesta di interrupt ha numero assegnato.

Direct Memory Access (DMA): Il terzo modo con cui il dispositivo DAQ può comunicare con il computer è attraverso il direct memory access (DMA). Il DMA è un metodo di trasferimento dei dati in cui i dati vengono trasferiti direttamente dalla periferica alla memoria del computer, scavalcando il processore. Il DMA di solito viene richiesto per ottenere la massima velocità di trasferimento dei dati, utile per dispositivi DAQ ad alta velocità. I dispositivi DAQ che utilizzano bus PCI hanno i propri canali DMA a bordo e il bus PCI gestisce la condivisione del DMA.

CONNESSIONE DI UN DISPOSITIVO DAQ AD UNA SORGENTE DI SEGNALE ANALOGICA

Introduzione

Allo scopo di eseguire misure accurate ed esenti da rumore possono essere necessari la conoscenza della natura della sorgente del segnale, una configurazione opportuna del dispositivo di acquisizione dati ed un appropriato schema di cablaggio. La fig.10 mostra un tipico sistema di acquisizione dati. L'integrità dei dati acquisiti dipende dall'intero percorso del segnale analogico.

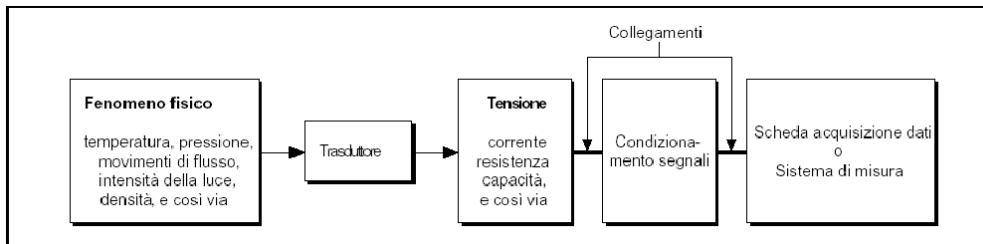


Fig.10

Per poter coprire un'ampia gamma di applicazioni, la maggior parte dei dispositivi di acquisizione dati fornisce flessibilità nella configurazione dello stadio d'ingresso analogico. Il prezzo di questa flessibilità può portare confusione sulle corrette applicazioni delle varie configurazioni d'ingresso e sui relativi meriti. È necessario quindi sapere scegliere ed utilizzare la configurazione che meglio si adatta all'applicazione. La comprensione dei tipi di sorgente del segnale e dei sistemi di misura è un prerequisito per applicare buone tecniche di misura.

Tipi di sorgente di segnale

Una sorgente di tensione può essere messa a terra oppure no (floating).

Sorgenti messe a terra

Una sorgente messa a terra è quella in cui il segnale di tensione è riferito alla terra dell'edificio. L'esempio più comune di una sorgente messa a terra è un qualsiasi strumento di tipo plug-in che non lascia fluttuare esplicitamente il suo segnale di uscita (Fig.11).

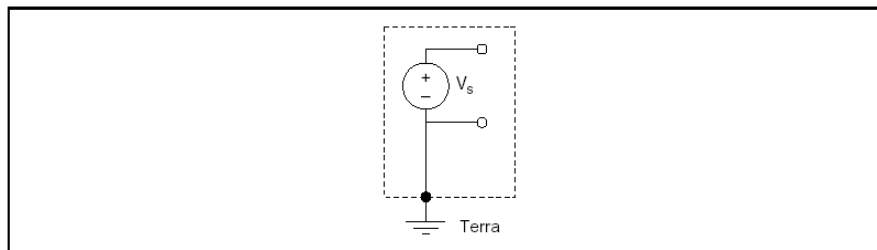


Fig.11

Le terre di due sorgenti di segnale messe a terra generalmente non si trovano allo stesso potenziale. La differenza nel potenziale di terra tra due strumenti collegati allo stesso sistema di alimentazione dell'edificio è tipicamente compreso tra i 10 mV e i 200 mV. Tuttavia la differenza può essere più alta se i circuiti di distribuzione dell'alimentazione non sono collegati correttamente.

Sorgenti non messe a terra (floating)

Una sorgente floating è quella in cui il segnale di tensione non è riferito ad un riferimento assoluto, come il terreno o la messa a terra dell'edificio. Alcuni esempi comuni di sorgenti di segnale floating sono le batterie, le sorgenti di segnale alimentate a batteria, le termocoppie, i trasformatori, gli

amplificatori d'isolamento ed ogni altra sorgente di segnale floating come quella mostrata in figura 12. Nessun terminale della sorgente è riferito al nodo di terra. Quindi ciascun terminale è indipendente da terra.

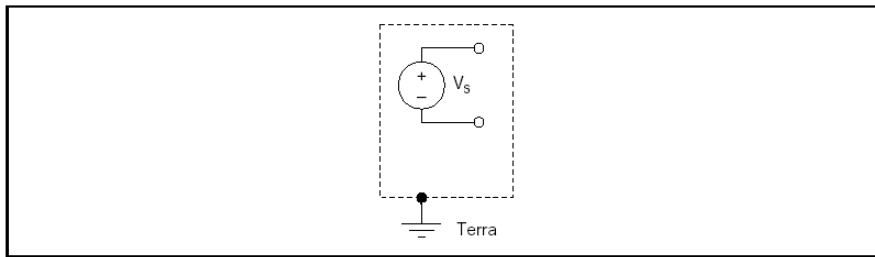


Fig.12

Sistemi di misura differenziali e sbilanciati

Il più comune equivalente elettrico prodotto dai circuiti di condizionamento del segnale associati ai trasduttori è la tensione. La trasformazione in altri fenomeni elettrici come la corrente e la frequenza si possono incontrare nei casi in cui il segnale viene trasportato su lunghi cavi in ambienti ostili. Siccome virtualmente in tutti i casi il segnale trasformato viene alla fine convertito in un segnale di tensione prima della misura, è importante comprendere la sorgente di tensione del segnale.

Un segnale di tensione viene misurato come differenza di potenziale tra due punti, come mostrato nella figura 13.

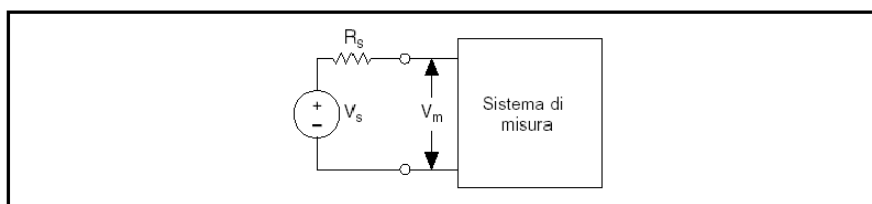


Fig.13

Sistema di misura differenziale

Un sistema di misura differenziale non ha gli ingressi collegati ad un riferimento fisso come il terreno o la terra di un edificio. Un sistema di misura differenziale è simile ad una sorgente di segnale floating in cui la misura viene fatta rispetto ad una terra floating che è differente dalla terra del sistema di misura. Praticamente, gli strumenti alimentati a batteria e i dispositivi di acquisizione dati con amplificatori sono esempi di sistemi di misura differenziali o non riferiti.

La figura 14 mostra un'implementazione di un sistema di misura differenziale ad otto canali utilizzato in un tipico dispositivo della National Instruments. I multiplexer analogici vengono utilizzati sul percorso del segnale per incrementare il numero dei canali di misura usando un singolo amplificatore da strumentazione. Per questo dispositivo, il pin etichettato con AIGND, terra dell'ingresso analogico, è la terra del sistema di misura.

Un sistema di misura differenziale ideale risponde solo alla differenza di potenziale tra i suoi morsetti: gli ingressi (+) e (-). Una qualsiasi tensione misurata rispetto alla terra dell'amplificatore che è presente ad entrambi gli ingressi dell'amplificatore viene indicata come tensione di modo comune. La tensione di modo comune è completamente respinta (non misurata) da un sistema di misura differenziale ideale. Questa caratteristica è utile nella reiezione del rumore, perché rumore indesiderato viene spesso introdotto come tensione di modo comune nei circuiti che fanno parte del sistema.

I dispositivi reali, tuttavia, hanno diversi fattori, descritti da parametri come l'intervallo della tensione di modo comune e il rapporto di reiezione di modo comune (CMRR) che limita la capacità di abbattere la tensione di modo comune.

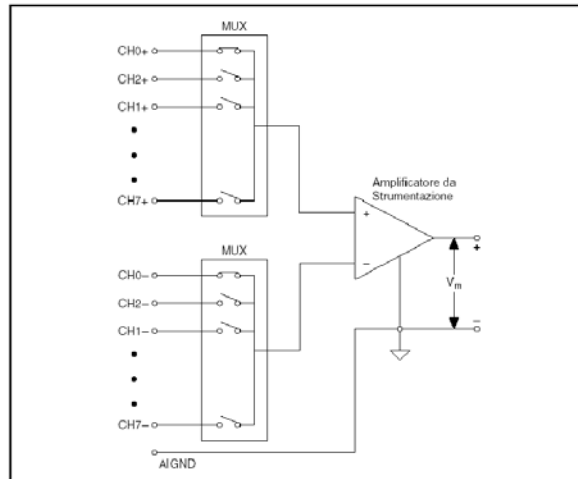


Fig.14

Sistemi di misura sbilanciati riferiti e non riferiti

I sistemi di misura sbilanciati riferiti e non riferiti sono simili alle sorgenti messe a terra in cui la misura viene fatta rispetto a terra. Un sistema di misura sbilanciato riferito misura la tensione rispetto a AIGND, che è collegato direttamente alla terra del sistema di misura.

La figura 15 mostra un sistema di misura a otto canali riferito e sbilanciato.

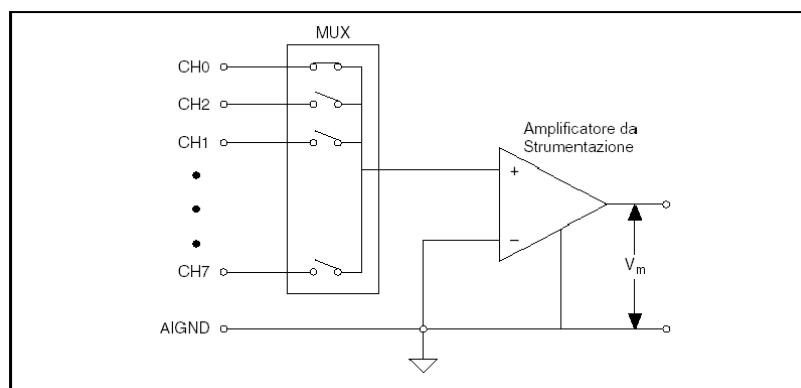


Fig.15

I dispositivi di acquisizione dati spesso utilizzano una variante della tecnica di misura sbilanciata e riferita, nota come sbilanciata non riferita (NRSE) o misura pseudo differenziale. La figura 15 mostra una configurazione NRSE per una scheda a 8 canali.

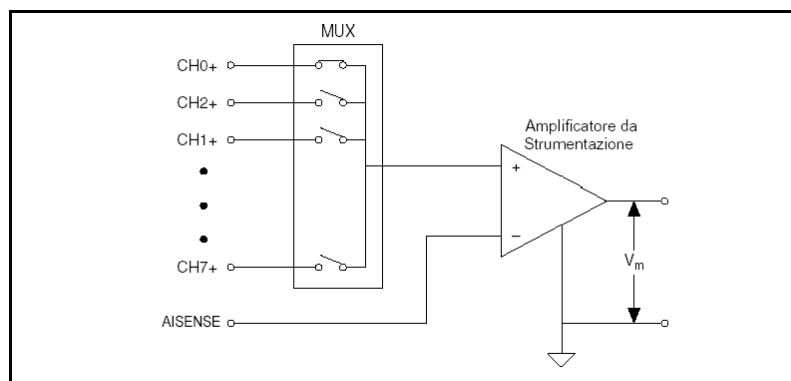


Fig.15

In un sistema di misura NRSE tutte le misure sono ancora fatte rispetto ad un morsetto Analog Input Sense (AISENSE), ma il potenziale a questo nodo può variare rispetto alla terra del sistema di misura (AIGND). La figura 15 mostra che un sistema di misura NRSE ad un canale equivale ad un sistema di misura differenziale ad un canale.

Fra le principali differenze tra le configurazioni DIFF e NRSE vi è l'impegno del numero di canali: a parità di canali di ingresso, la configurazione DIFF impiega un numero di canali doppio rispetto a NRSE ma quest'ultima richiede che tutti i morsetti negativi dei vari canali siano collegati allo stesso morsetto (AISENSE).

Misura di sorgenti di segnale riferite

Una sorgente di segnale messa a terra viene misurata meglio con un sistema di misura differenziale. La figura 16 mostra il trabocchetto in cui si cade utilizzando un sistema di misura riferito a terra per misurare una sorgente di segnale messa a terra. In questo caso, la tensione misurata, V_m , è la somma della tensione del segnale, V_s , e della differenza di potenziale, V_g , che esiste tra la terra della sorgente del segnale e la terra del sistema di misura. Questa differenza di potenziale non è generalmente una tensione DC. Il risultato è un sistema di misura affetto da rumore che mostra spesso componenti della frequenza dell'alimentazione (50 Hz) nelle letture. Il rumore introdotto dall'anello di terra può avere componenti sia in c.a. che in c.c., che introducono errori di offset e rumore nelle misure. La differenza di potenziale tra le terre provoca una corrente che scorre nell'interconnessione. Questa corrente è chiamata corrente dell'anello di terra.

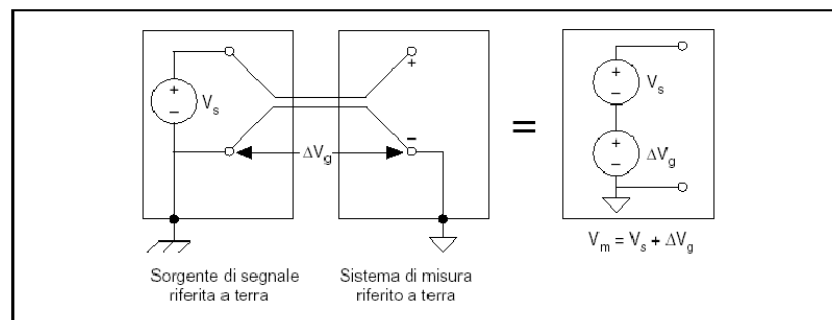


Fig. 16

Un sistema di misura riferito a terra può ancora essere usato se i livelli di tensione del segnale sono alti e i collegamenti d'interconnessione tra la sorgente e il dispositivo di misura hanno una bassa impedenza. In questo caso, la misura della tensione del segnale è degradata dall'anello di terra, ma il degrado può essere accettabile. Nell'effettuare le connessioni, è necessario osservare la polarità di una sorgente di segnale messa a terra prima di collegarla ad un sistema di misura riferito a terra perché la sorgente di segnale può essere cortocircuitata a terra, danneggiando così la sorgente del segnale.

In un tipico dispositivo di acquisizione dati le misure non riferite sono fornite sia dalla configurazione con ingresso differenziale (DIFF) che da quella NRSE. Con entrambe le configurazioni, le differenze tra i riferimenti della sorgente e del dispositivo di misura appaiono al sistema di misura come una tensione di modo comune e vengono sottratte dal segnale misurato. La figura 17 illustra questo concetto.

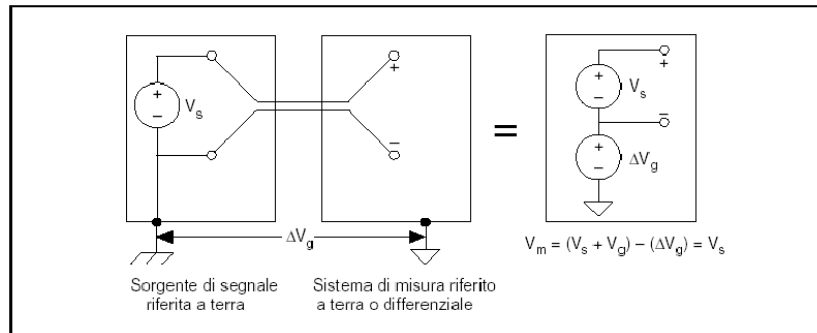


Fig. 17

Misura di sorgenti di segnale floating

Le sorgenti di segnale floating possono essere misurate sia con sistemi di misura differenziali che sbilanciati. Tuttavia, nel caso di sistemi di misura differenziali, è necessario che il livello della tensione di modo comune del segnale rispetto alla terra del sistema di misura rimanga nell'intervallo d'ingresso del modo comune del dispositivo di misura.

Diversi fenomeni, per esempio, correnti di polarizzazione dell'ingresso dell'amplificatore, possono spostare il livello di tensione della sorgente floating al di fuori dell'intervallo valido dello stadio d'ingresso di un dispositivo di acquisizione dati. Per vincolare questo livello di tensione allo stesso riferimento, vengono usati resistori, come mostrato nella figura 18.

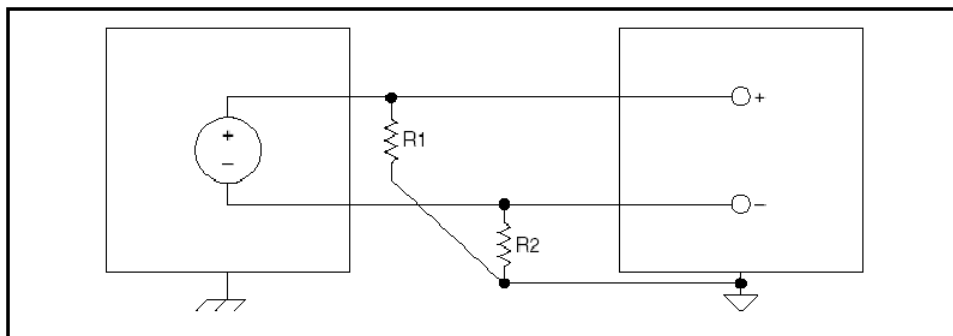


Fig. 18

Questi resistori, chiamati resistori di polarizzazione, forniscono un percorso in c.c. dagli ingressi dell'amplificatore da strumentazione alla terra dell'amplificatore. Se non vengono utilizzati resistori e la sorgente è realmente floating, è molto probabile che la sorgente non rimanga all'interno dell'intervallo del segnale di modo comune dell'amplificatore da strumentazione e questi saturerà. E' necessario quindi riferire la sorgente al morsetto AIGND.

Il modo più semplice per collegare la sorgente del segnale al sistema di misura è di collegare il lato positivo del segnale all'ingresso positivo dell'amplificatore e di collegare il lato negativo del segnale al morsetto AIGND e all'ingresso negativo dell'amplificatore da strumentazione senza resistori di polarizzazione.

Tuttavia questa soluzione va bene per sorgenti accoppiate in c.c. con un'impedenza della sorgente inferiore a 100Ω. Per impedenze di sorgente più grandi, questa connessione lascia il percorso del segnale fortemente sbilanciato. Infatti, il rumore che si accoppia elettrostaticamente sulla linea positiva non si accoppia sulla linea negativa perché è collegata al morsetto AIGND. Quindi questo rumore appare come un segnale di modo differenziale invece che un segnale di modo comune e l'amplificatore non lo respinge. In questo caso, invece di collegare direttamente la linea negativa al morsetto AIGND, la si può collegare ad AIGND tramite un resistore che sia almeno 100 volte l'impedenza equivalente della sorgente. Il resistore tende a bilanciare il segnale, così che all'incirca la stessa quantità di rumore si accoppia su entrambe le connessioni, portando ad una migliore reiezione del rumore accoppiato elettrostaticamente.

Si può bilanciare completamente il percorso del segnale collegando un altro resistore dello stesso valore tra l'ingresso positivo e il morsetto AIGND come mostrato nella figura 18. Questa configurazione completamente bilanciata offre una migliore reiezione al rumore ma ha lo svantaggio di caricare la sorgente con la combinazione serie (somma) dei due resistori. Se, per esempio, l'impedenza della sorgente è di 2 kΩ ed ognuno dei due resistori è di 100 kΩ, i resistori caricano la sorgente con 200 kΩ e provocano un errore sul guadagno di -1%.

Entrambi gli ingressi dell'amplificatore richiedono un percorso in c.c. a terra per far lavorare l'amplificatore da strumentazione.

Se la sorgente è accoppiata in c.a. (accoppiata in modo capacitivo), l'amplificatore necessita di un resistore tra l'ingresso positivo e il morsetto AIGND. Se la sorgente ha una *bassa impedenza* di uscita, bisogna scegliere un resistore che sia di valore grande abbastanza da non caricare significativamente la sorgente, ma piccolo abbastanza da non produrre una significativa tensione di offset all'ingresso come risultato della corrente di polarizzazione all'ingresso (tipicamente da 100 kΩ a 1 MΩ). In questo caso, si può collegare l'ingresso negativo direttamente al morsetto AIGND. Se la sorgente ha un'*elevata impedenza* di uscita, bisognerebbe bilanciare il percorso del segnale come descritto precedentemente, utilizzando lo stesso valore di resistenza su entrambi gli ingressi positivo e negativo. Comunque anche in questo caso, la sorgente viene caricata.

I resistori forniscono un percorso di ritorno a terra per le correnti di polarizzazione d'ingresso dell'amplificatore da strumentazione. Solo R2 viene richiesto per sorgenti di segnale accoppiate in c.c.. Per sorgenti accoppiate in c.a., R1=R2.

Se viene utilizzata una modalità d'ingresso sbilanciata, si può utilizzare un sistema d'ingresso RSE. In questo caso non viene creato un anello di terra.

Può anche essere utilizzato il sistema d'ingresso NRSE ed esso è preferibile nei confronti del rumore. Anche in questo caso, sorgenti floating richiedono resistori di polarizzazione tra l'ingresso AISENSE e la terra del sistema di misura (AIGND).

La seguente tabella riassume quanto esposto.

	Tipo di sorgente del segnale	
	Sorgente di segnale floating (Non collegata alla terra dell'edificio)	Sorgente di segnale riferita a terra
Ingresso	Esempi <ul style="list-style-type: none"> • Termocoppie non riferite a terra • Condizionamento di segnale con uscite isolate • Dispositivi a batteria 	Esempi <ul style="list-style-type: none"> • Strumenti Plug-in con uscite non isolate
Differenziale (DIFF)		
Riferito a terra Sbilanciato (RSE)		<p style="text-align: center;">SCONSIGLIATO</p> <p>Perdite sull'anello di terra. V_2 vengono aggiunte al segnale misurato</p>
Non riferito a terra Sbilanciato (NRSE)		

I resistori di polarizzazione sono sempre necessari quando:

- si hanno sorgenti non riferite e vengono misurate con sistemi non riferiti: in tal caso infatti è necessario fornire a entrambi gli ingressi dell'amplificatore un percorso verso AIGND delle correnti di polarizzazione (si utilizzano due resistori di polarizzazione);
- si hanno sorgenti non riferite e vengono misurate con sistemi riferiti: in tal caso infatti è necessario un percorso verso AIGND della corrente di polarizzazione proveniente dal morsetto positivo dell'amplificatore (è necessario solo un resistore di polarizzazione perché il morsetto negativo è già connesso all'AIGND);
- si hanno sorgenti riferite accoppiate in a.c. e vengono misurate con sistemi non riferiti (è necessario un resistore di polarizzazione sul morsetto positivo dell'amplificatore);