

Multimetri elettronici

La strumentazione elettronica commerciale è in genere più precisa e sensibile di quella analogica.

Presentazione della misura :

analogica (ago) → errore di lettura

digitale (valore numerico) → errore di quantizzazione

(± 0.5 cifra meno significativa)

Multimetro a 3 cifre e mezzo → risultato numerico presentato sul display può variare tra -1999 e 1999, ovvero 4 cifre significative ma con la prima < 2



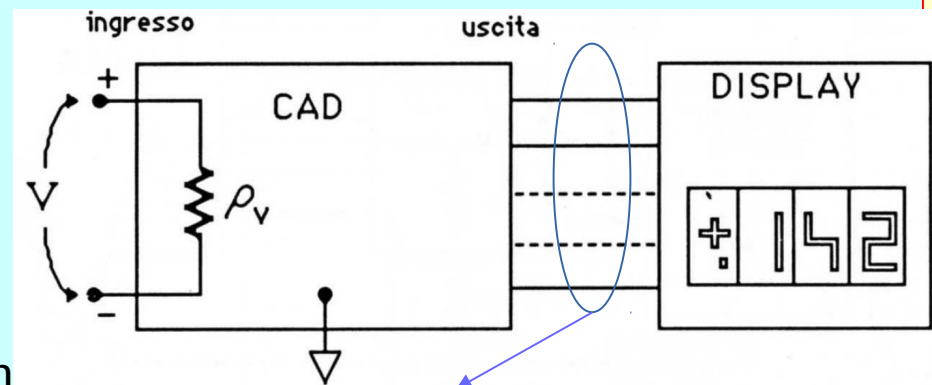
SCHEMA A BLOCCHI

Ogni misura (tensione, corrente, resistenza) è ricondotta a quella di una tensione: essa viene realizzata con un voltmetro quasi ideale (resistenza di ingresso $> 10^{10} - 10^{11}$ Ohm) che dà

in uscita il valore della ddp d'ingresso in un codice numerico in base 2. Esso viene comunemente indicato come **CAD** (**C**onvertitore **A**nalogico **D**igitale)

Codice binario [un'uscita per ogni bit in

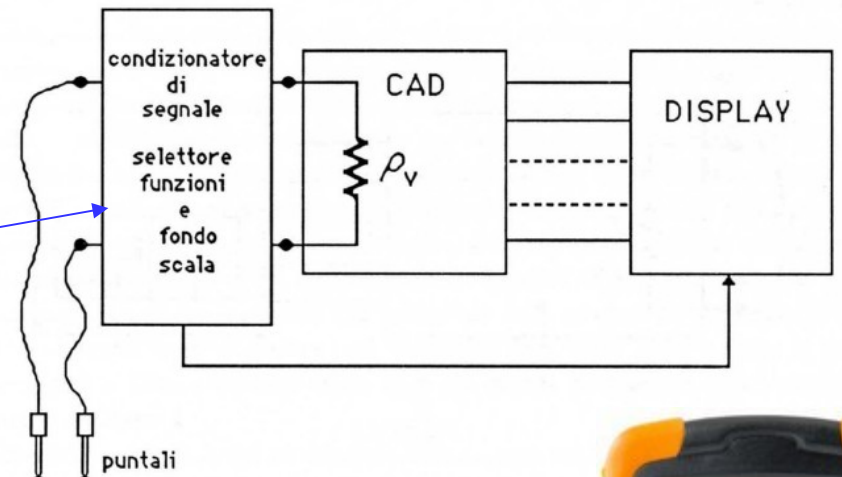
logica TTL (Transistor Transistor Logic) → bit on = out $> 2V$, bit off = out $< 0.8V$]



Multimetri elettronici

CAD → ddp ingresso compresa tra ± 200 mV → valori tra ± 1999

Necessario anteporre al CAD un circuito (**Condizionatore di segnale**) che trasformi resistenze, correnti e ddp in ingresso in una tensione tra ± 200 mV



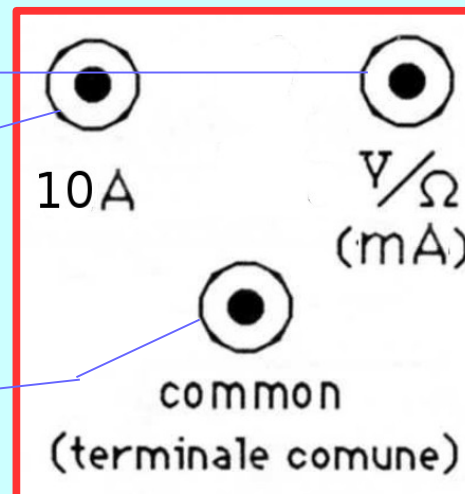
CONDIZIONATORE DI SEGNALE

Misure di tensione, resistenza
(e correnti basse)

Misure di correnti
elevate

Utilizzato sempre

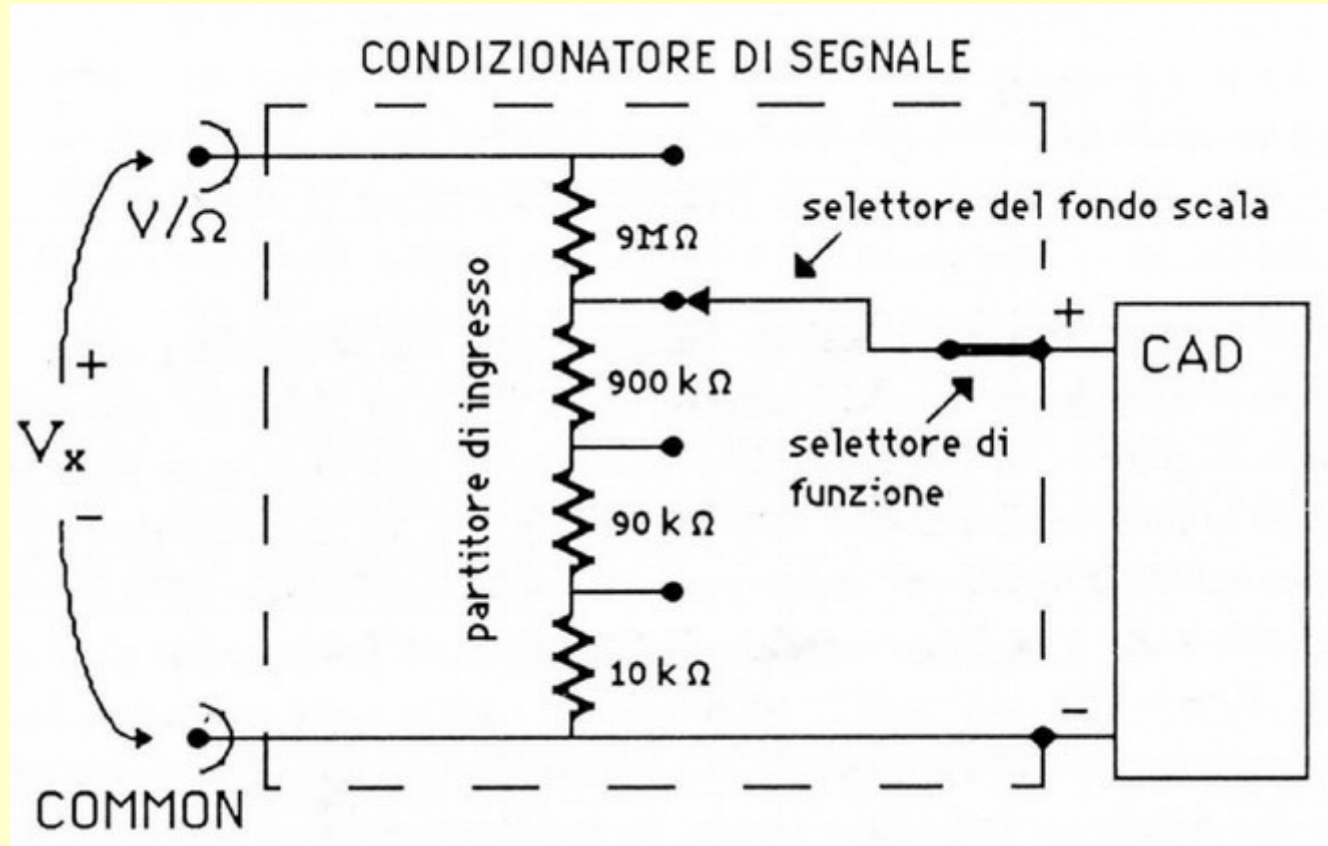
INGRESSO



Multimetri elettronici - Misure di tensione

- Resistenza totale partitore = $10\text{ M}\Omega$

- Resistenza ingresso CAD $> 10^{10}\ \Omega$



Rapporti di divisione:

1 → 200 mV

1/10 → 2 V

1/100 → 20 V

1/1000 → 200 V

Multimetri elettronici - Misure di corrente

Portate

200 μ A,

2 mA,

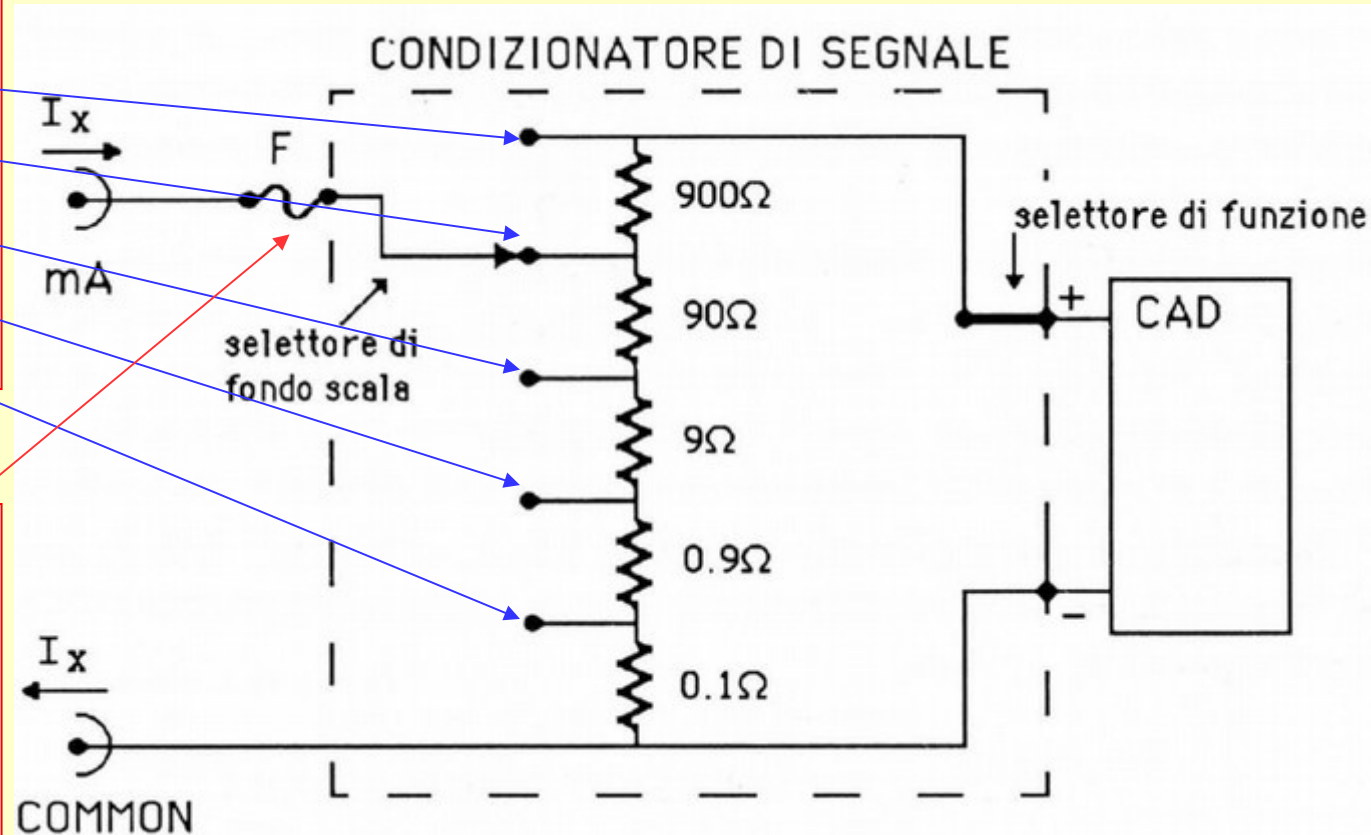
20 mA,

200 mA,

2 A

(caduta 200 mV)

F = fusibile di protezione
(conduttore sottile che fonde se la corrente supera il valore massimo)



Costruttore fornisce il BURDEN VOLTAGE (ovvero la max ddp applicabile tra i due morsetti; tip. < 300 mV)

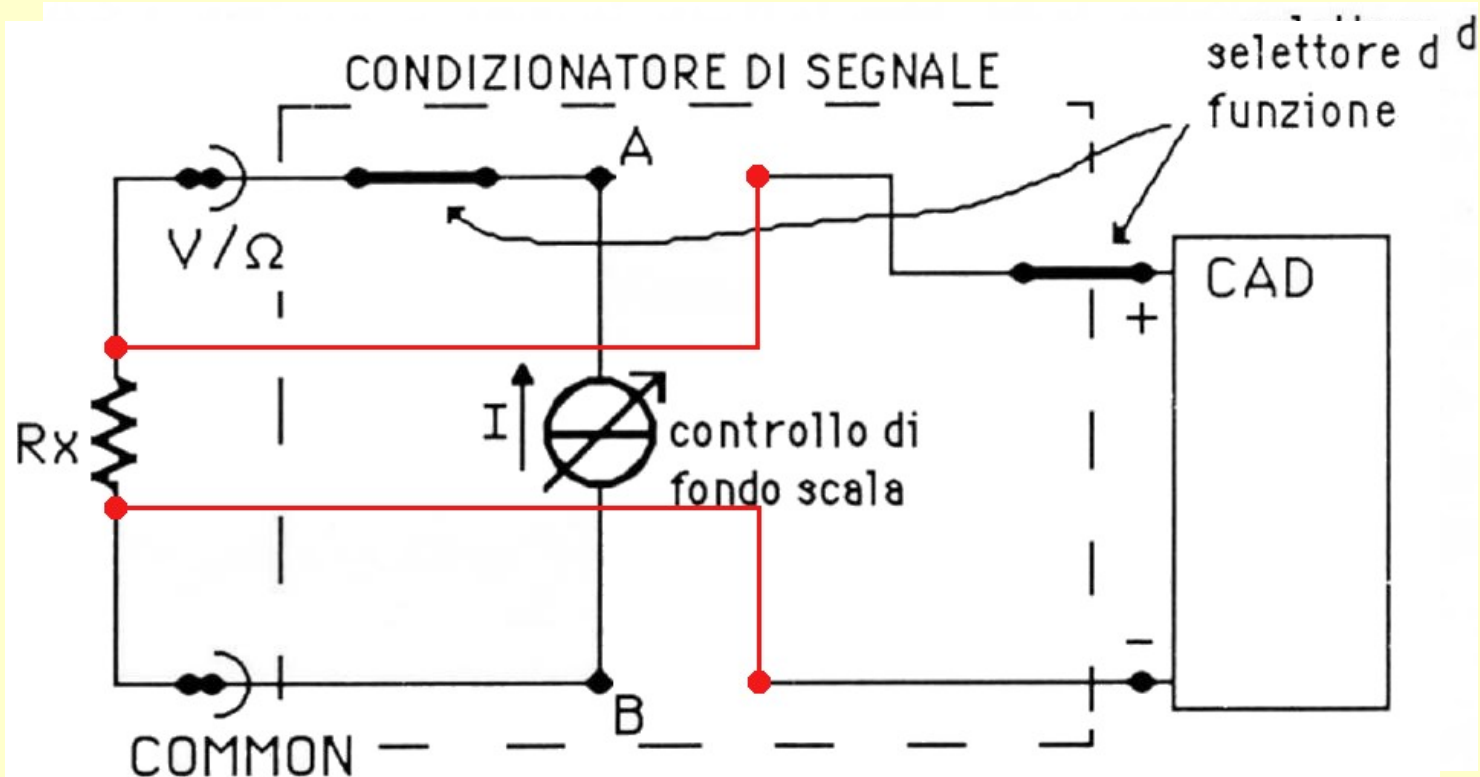
Multimetri elettronici - Misure di resistenza

Generatore di corrente I di valore determinato dal selettore di fondo scala

$I = 100 \mu\text{A} \rightarrow \text{ddp max } 200 \text{ mV} \rightarrow \text{fondo scala } 2 \text{ k}\Omega$

:

$I = 100 \text{ nA} \rightarrow \text{ddp max } 200 \text{ mV} \rightarrow \text{fondo scala } 2 \text{ M}\Omega$



Per le misure di resistenze di piccolo valore esistono multimetri a 4 terminali

Multimetri elettronici – Incertezza di misura

L'incertezza è data dalla somma di due termini:

1) errore assoluto costante su tutta la scala (tip. 2 digit)

A questo contribuiscono

a) errore di quantizzazione (± 0.5 digit)

b) errore di linearità del CAD

Linearità integrale \rightarrow max differenza tra retta di taratura e lettura

Linearità differenziale \rightarrow differente larghezza degli intervalli di tensione corrispondenti a valori adiacenti del codice numerico

2) errore relativo costante

dovuto ad errore di taratura del divisore di tensione, dello shunt di corrente o del generatore di corrente

Valori tipici:	ddp	$\rightarrow \pm 0.03 \%$
	correnti	$\rightarrow \pm 0.3 \%$
	resistenze	$\rightarrow \pm 0.1 \%$ nelle portate 200Ω e $2 \text{ k}\Omega$
		$\rightarrow \pm 0.05 \%$ nelle portate $20 \text{ k}\Omega$ e $200 \text{ k}\Omega$
		$\rightarrow \pm 0.25 \%$ nelle portate $2 \text{ M}\Omega$ e $20 \text{ M}\Omega$

Multimetri elettronici – Misure in alternata

Il multimetro permette anche di misurare il valore efficace di una tensione o di una corrente alternata.

Poiché la misura del valore efficace non è agevole, si sono cercati metodi di misura indiretti che permettano la stima del valore efficace dal valore di altri parametri stazionari del segnale.

Il rapporto tra il valore di picco del segnale e il suo valore efficace è denominato “fattore di cresta”.

Per un segnale sinusoidale il fattore di cresta vale $1.414 (= \sqrt{2})$

In questo caso basterebbe quindi misurare il valore di picco e poi dividerlo per l'opportuno fattore numerico.

Su tale principio si basano i multimetri RMS (Root Mean Square)

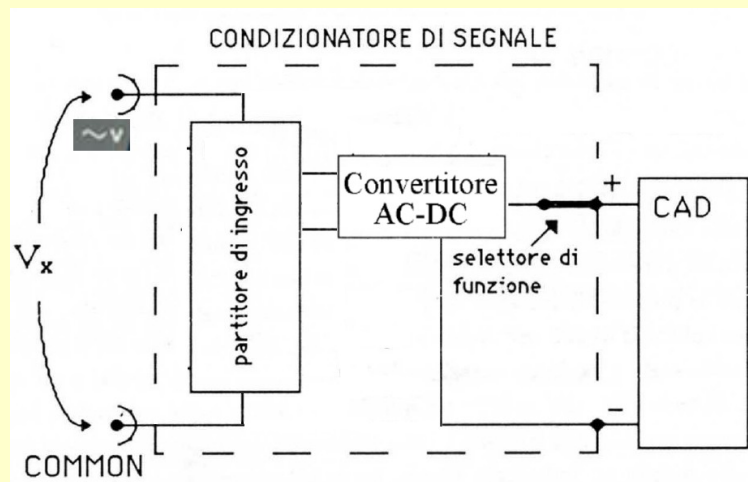
Purtroppo il fattore di cresta dipende dalla forma del segnale

Per un segnale a onda quadra il fattore di cresta vale 1 mentre per un segnale alternato triangolare vale 1.733.

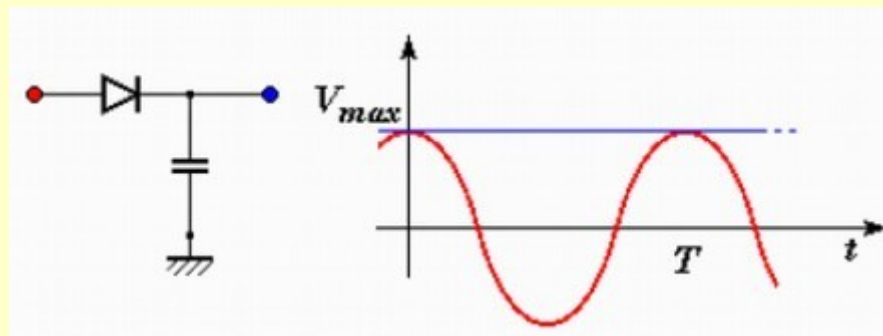
In questi casi il multimetro RMS darebbe una indicazione sbagliata e quindi sono stati sviluppati i multimetri TRMS (True Root Mean Square)

Multimetri elettronici RMS

Lo schema a blocchi di un multimetro RMS è molto simile a quello per le misure in continua con la sola aggiunta di un convertitore AC-DC tra il partitore (attenuatore) di ingresso e il CAD



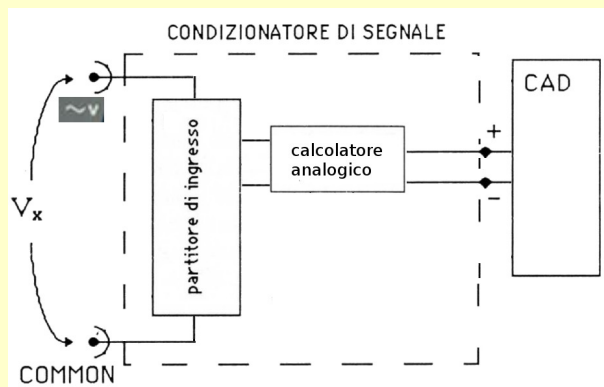
Uno schema semplificato del convertitore AC-DC è quello di un circuito composto da un diodo e un condensatore



Idealizzando il diodo come componente a resistenza nulla se la tensione ai suoi capi è positiva e infinita se negativa, il convertitore AC-DC, esauriti gli eventuali transitori iniziali, fornisce in uscita una tensione costante di valore pari al valore di picco del segnale in ingresso.

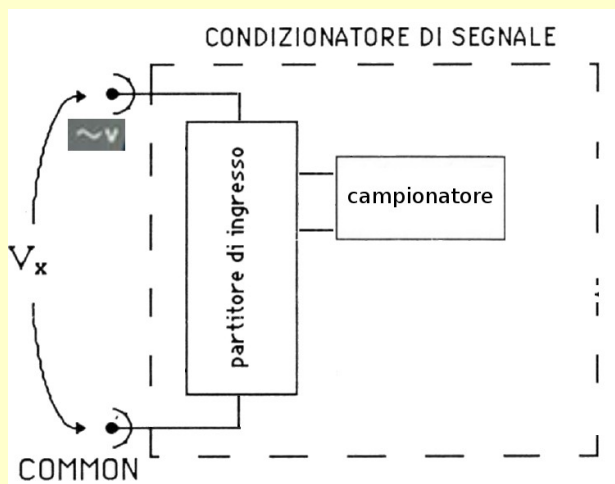
Multimetri elettronici TRMS

Volendo misurare il valore efficace di segnali alternati “distorti” (non perfettamente sinusoidali) è necessario utilizzare circuiti più sofisticati.



Lo schema a blocchi di un multimetro TRMS analogico è mostrato in figura. Il calcolatore analogico è un circuito, costituito da amplificatori operazionali, che fornisce in uscita un segnale

$$v_{out}(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [v_{in}(t)]^2 dt}$$



In un multimetro TRMS digitale il segnale in ingresso viene inviato al campionatore che campiona il segnale di ingresso ad intervalli di tempo regolari T_c (con $1/T_c > 2f_{max}$ di $v_{in}(t)$) ed elabora i valori campionati x_i dando in uscita un valore

$$x_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} = \sqrt{\frac{x_1^2 + \dots + x_N^2}{N}}$$