

## STRUTTURA DEGLI STRUMENTI DI MISURA *ANALOGICI*

### **CARATTERISTICHE E CLASSIFICAZIONE**

Gli strumenti di misura delle grandezze elettriche fondamentali permettono di conoscere il valore che una o più grandezze possono assumere all'interno di un determinato circuito. È importante poter analizzare con gli strumenti il funzionamento di un circuito, proprio per poter individuare guasti e malfunzionamenti, o anche per valutare il funzionamento stesso di un dispositivo. Proprio per questo motivo è necessario avere a disposizione strumenti con cui si possano misurare: corrente, tensione, resistenza, energia, potenza, frequenza ed altre grandezze elettriche.

Gli strumenti di misura possono essere classificati in tre categorie:

1. gli strumenti analogici (quelli con un indice che scorre sopra ad una scala graduata);
2. gli strumenti digitali (il valore della grandezza misurata viene indicata direttamente con un numero che compare su appositi indicatori detti display);
3. gli oscilloscopi (mostrano su uno schermo la forma del segnale da misurare).


















Quando uno strumento permette la misura di più grandezze fisiche viene chiamato multimetro. In tutti i casi, una regola molto importante che cerca di essere soddisfatta il più possibile dai costruttori è che l'inserzione dello strumento di misura in un circuito deve alterare il meno possibile in modo da non modificare la grandezza che si vuole misurare

### **STRUMENTI ANALOGICI**

In generale gli strumenti analogici sono quelli che rappresentano grandezze fisiche che variano con continuità, mediante l'impiego di altre grandezze analoghe alle prime. In elettrotecnica la grandezza elettrica da misurare è convertita in una grandezza analogica, vale a dire nello spostamento di un indice rispetto ad un quadrante. Nella seguente tabella sono rappresentati i principali simboli che permettono di distinguere i vari strumenti di misura in base alla classe di precisione, al tipo di corrente che misurano ecc...

# Appunti Elettronica

Prof. Antonio Marrazzo

SIMBOLI PRINCIPALI RELATIVI AGLI STRUMENTI DI MISURA ANALOGICI			
	Strumento per corrente continua		Alta tensione
	Strumento per corrente alternata		Riferimento a un documento esterno
	Strumento per corrente continua e alternata	1,5	Classe di precisione
	Strumento per corrente trifase		Strumento a magnete fisso e bobina mobile
	Posizione d'impiego orizzontale		Strumento a bobina mobile con raddrizzatore
	Posizione d'impiego verticale		Strumento elettromagnetico
	Posizione d'impiego obliqua, inclinazione 60°		Strumento elettrodinamico
	Azzeramento dell'indice		Strumento a bobina incrociata
	Tensione di prova in kV		Strumento termico a bimetallo

(il simbolo della corrente continua viene indicato anche con =)

Gli strumenti a **bobina mobile** sono costituiti da una bobina posta nel campo magnetico prodotto dalle due armature di un magnete permanente.

Negli **strumenti elettrodinamici** la corrente da misurare circola in una bobina fissa posta in serie ad una bobina mobile (capace di ruotare) collegata un ago indicatore (indice). Questo tipo di montaggio si riscontra generalmente sui wattmetri.

La corrente da misurare, negli strumenti **elettromagnetici**, circola in una bobina che produce un campo magnetico tale da far respingere tra di loro due placchette in ferro dolce. Una delle due è fissa mentre l'altra, mobile, è solidale con l'ago indicatore che si sposta, quindi, in modo proporzionale al campo magnetico prodotto.

## DEFINIZIONE

Il Vocabolario Elettrotecnico Internazionale definisce come "strumento di misura elettrico" quello "strumento che misura una grandezza elettrica" (definizione riportata nelle norme CEI 13-6, fascicolo 482).

## CARATTERISTICHE DEGLI STRUMENTI

Nella parte che segue si tratterà delle parti meccaniche costitutive degli strumenti elettrici. E' la bontà di ognuna di esse che fa la qualità di uno strumento.

### Le Scale degli strumenti analogici

Si intende per scala quella parte graduata dello strumento su cui si sposta l'indice e che consente la determinazione del valore della grandezza misurata.

Da un punto di vista dell'estensione, la scala può essere *circolare* o *rettilinea*. Nel primo caso si estende per un arco che può variare da 90 a 270 gradi (circolare dilatata).

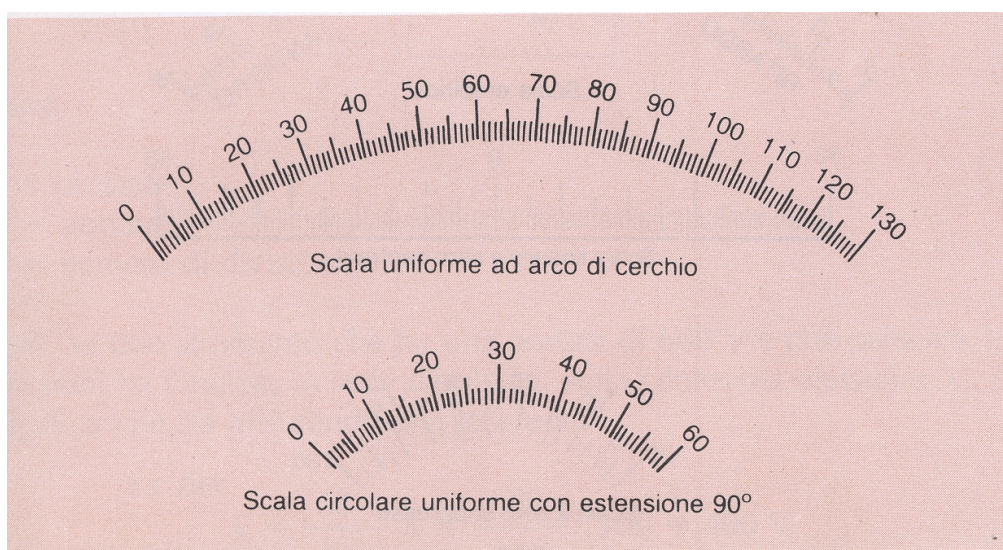
Per quanto riguarda le *divisioni*, cioè l'intervallo tra due tratti consecutivi della graduazione della scala, ovvero la distanza tra un tratto e il successivo, le scale possono essere:

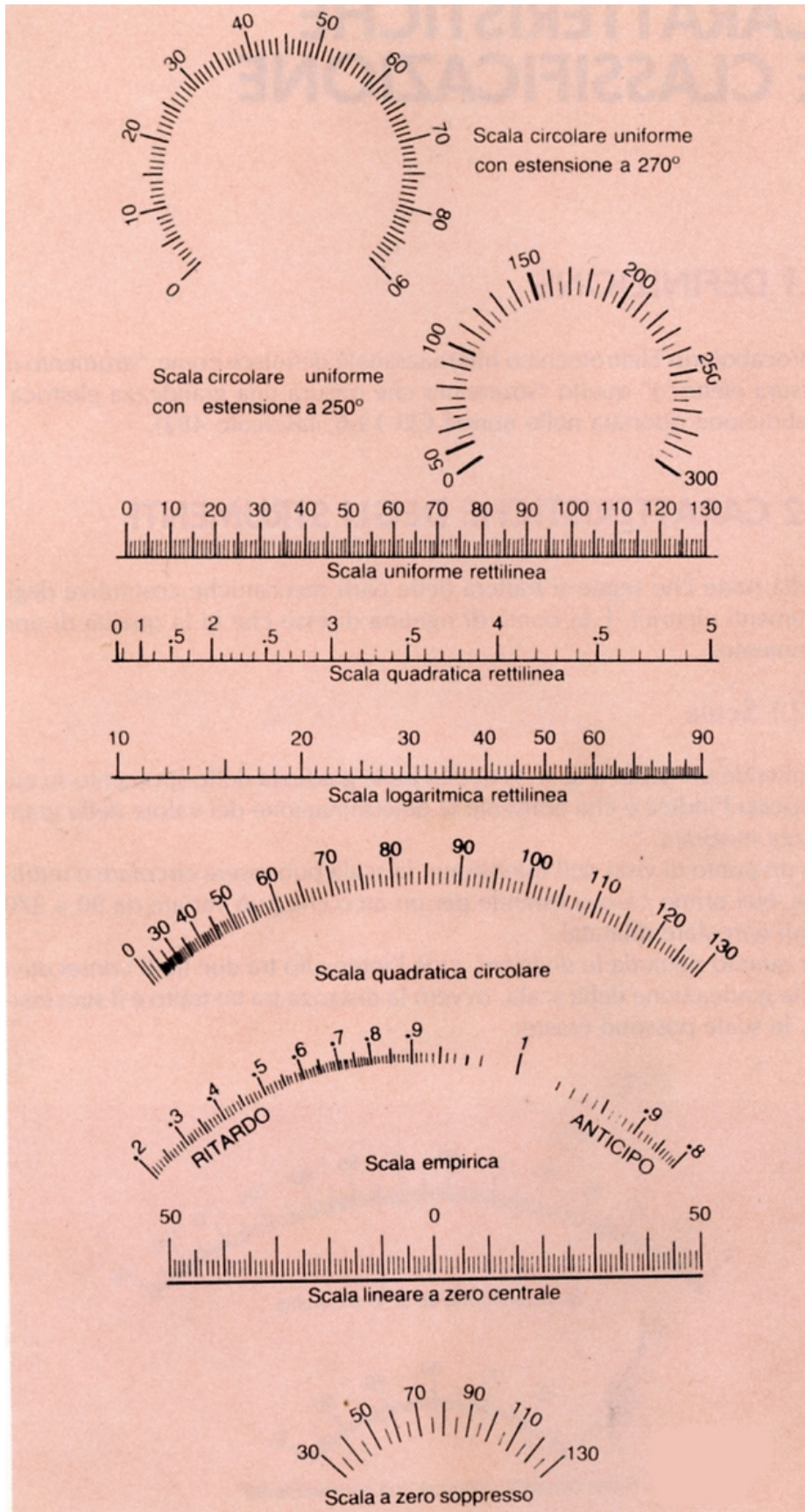
- *lineari o uniformi*, se lo spazio tra due divisioni (ampiezza) è costante (strumenti magnetoelettrici e wattmetri elettrodinamici: su un arco di cerchio; registratori: su un segmento);
- *quadratiche*, se l'ampiezza tra le divisioni aumenta verso il fondo scala secondo una legge quadratica (strumenti elettrodinamici ed elettromagnetici);
- *logaritmiche o contratte*, se l'ampiezza è proporzionale al logaritmo del valore della grandezza da misurare: l'ampiezza diminuisce procedendo verso il fondo scala (logometri);
- *empiriche* (fasometri);
- *esponenziali*.

È evidente che sarà da preferirsi quello strumento o quella parte di scala che offra un maggior intervallo tra le divisioni, perché ciò consente una lettura più accurata.

Per ciò che riguarda invece la posizione dello zero sulla scala, esistono scale a zero laterale, a zero intermedio, a zero soppresso (o a zero ritratto).

Da un punto di vista dell'esecuzione, negli strumenti più accurati, le divisioni di ogni scala vengono punteggiate a mano durante la taratura dello strumento.





# Appunti Elettronica

Prof. Antonio Marrazzo

## Portata

Il valore della grandezza cui corrisponde l'indice posto nella posizione di fondo scala è detto *portata*.

Se si divide la portata per il numero di divisioni dello strumento, si ottiene la costante.

Viceversa, in sede di misura, basterà moltiplicare la costante dello strumento per il numero di divisioni segnate dall'indice per ottenere il valore della grandezza sotto test.

$$K = \frac{Q}{N}$$

Dove:

K = costante;

Q = portata; (indicata spesso con P)

N = numero di divisioni (che spesso coincide con il fondo scala indicato con Fs).

Così, se uno strumento che ha una portata di 600 V e che presenta 150 divisioni ha l'indice, in sede di misura, sulla centesima divisione (*k*), ciò significa che sta misurando una tensione:

$$V = \frac{Q}{N} \cdot \lambda = \frac{600}{150} \cdot 100 = 400 \text{ V}$$

L'inverso della portata è detto sensibilità e corrisponde alla più piccola variazione della grandezza che lo strumento può misurare.

## Indici

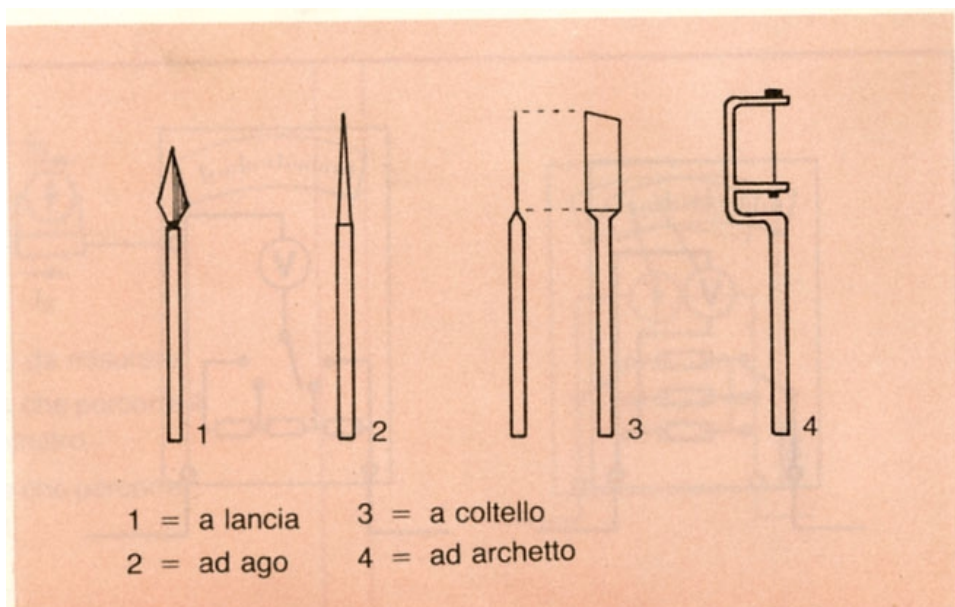
L'indice deve avere le seguenti caratteristiche:

- leggerezza;
- vicinanza alla scala (per evitare l'errore di parallasse).

L'indice può presentare forme diverse:

- a lancia;
- ad ago;
- a coltello;
- a filo teso (detto anche ad archetto).

Le ultime due forme sono tipiche degli strumenti a maggiore precisione. Gli indici a coltello diminuiscono gli errori di parallasse e spesso sono usati con scale a specchio su cui l'operatore, se non si trova nella corretta posizione di lettura, vedrà l'immagine riflessa dell'indice. Gli indici a filo teso permettono di avere il filo per la lettura in vicinanza della scala stessa.



## Modi di lettura

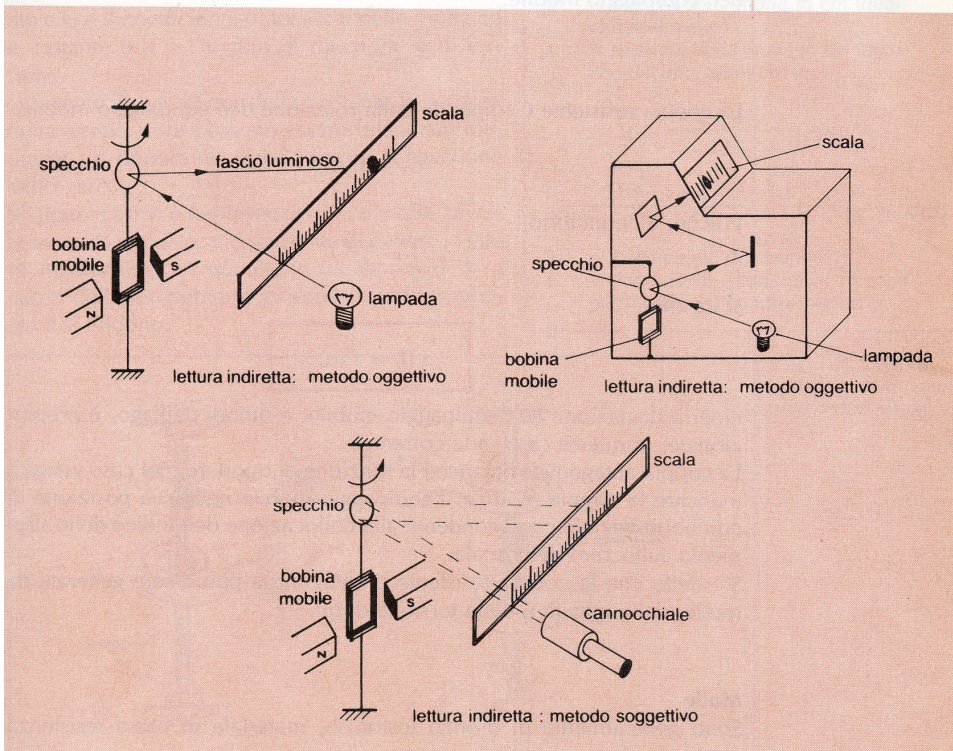
Tutti gli strumenti con indice permettono di leggere direttamente sulla scala il valore della grandezza da misurare: si dice in questo caso che si effettua una *lettura diretta*. Si intende invece per modo di *lettura indiretto* o per *riflessione* quel modo di lettura per cui è un fascio luminoso opportunamente orientato a indicare sulla scala il valore della grandezza. Si evita in questo modo l'errore di parallasse e si diminuisce l'errore di lettura in quanto il fascio, riflesso più volte, può cadere su una scala la cui ampiezza tra le divisioni è rilevante.

La lettura indiretta può essere effettuata in due modi diversi detti soggettivo e oggettivo.

Il *metodo oggettivo* prevede la presenza di un fascio luminoso, come è stato detto in precedenza.

Il metodo soggettivo consiste nella lettura mediante un cannocchiale della scala dello strumento attraverso uno specchietto posto sull'equipaggio mobile.

La lettura indiretta è tipica degli strumenti ad elevata precisione e con scarsa portabilità.



## CLASSE DI PRECISIONE

La misura di una grandezza non può mai essere fatta senza commettere errori, per cui il valore ottenuto non è quello esatto ma è più o meno approssimato. Questa differenza dipende da molti fattori in parte dovuti all'abilità dell'operatore che effettua la misura ed in parte alla classe di precisione dello strumento. Per gli apparecchi analogici, la classe di precisione è indicata da un numero posto sul loro quadrante. Per classe di precisione si intende il massimo errore percentuale ammissibile per uno strumento in ogni punto della sua scala. Se un voltmetro ha classe di precisione 0,5 e una portata massima di 20 V, l'errore massimo che esso può compiere in ogni punto della scale è  $0,5 \cdot 20/100$  cioè 0,1 V. Le classi di precisione sono le seguenti:

0,01-0,1-0,2	pari a $\pm 0,01\%$ - $\pm 0,1\%$ - $\pm 0,2\%$	strumenti di precisione
0,3 - 0,5 - 1	pari a $\pm 0,3$ - $\pm 0,5$ - $\pm 1\%$	strumenti di controllo
1,5 - 2,5	pari a $\pm 1,5$ - $\pm 2,5\%$	strumenti industriali
5	pari a $\pm 5\%$	

## Errore assoluto

L'estensione della misura di uno strumento (o fondo scala) è costituita dai valori entro i quali una grandezza può essere letta. Per modificarla, generalmente occorre spostare la posizione di un commutatore posto sulla parte superiore dell'apparecchio. La conoscenza della classe di precisione dello strumento permette di calcolare sia l'errore assoluto sia l'errore relativo che lo strumento può commettere durante il suo uso.

L'errore assoluto massimo che lo strumento può commettere è l'errore (in più o in meno) calcolato sul valore massimo dell'estensione della misura. Ad esempio, per un apparecchio avente classe di precisione pari a  $\pm 1,5\%$  ed un fondo scala di 50 V, si ottiene il seguente valore dell'errore assoluto che lo strumento può commettere:

$$Er_{\text{ass}} = \pm \frac{\text{fondoscala} \cdot \text{classe}}{100} = \pm \frac{50 \cdot 1,5}{100} = \pm 0,75 \text{ V}$$

Questo significa che, per tutti i punti di misura sulla scala fino a 50 V, l'errore massimo possibile è pari a  $\pm 0,75 \text{ V}$ .

Si intuisce subito allora che, commettendo lo stesso errore assoluto nel misurare una tensione di 1 V oppure una tensione di 45 V, nel primo caso si commette un errore percentualmente più grande che nel secondo. Infatti, nel caso dell'esempio appena fatto, per un fondo scala di 50 V, un errore assoluto di 0,75 V ed una misura di 1 V, si ottiene **un errore relativo massimo**:

$$Er_{\text{rel}} = \pm \frac{Er_{\text{ass}} \cdot 100}{\text{misura}} = \pm \frac{0,75 \cdot 100}{1} = \pm 75\%$$

Per una misura effettuata, invece, in prossimità del fondo scala quale quella di 45 V, si ottiene per l'errore relativo massimo:

$$Er_{\text{rel}} = \pm \frac{Er_{\text{ass}} \cdot 100}{\text{misura}} = \pm \frac{0,75 \cdot 100}{45} \cong \pm 1,66\%$$

Sulla base di quanto verificato occorre tenere presente che, quando si desiderano misure precise, nei limiti del possibile occorre effettuarle in vicinanza della parte finale del quadro di lettura (fondo scala).

Attualmente gli strumenti di misura analogici vengono parzialmente sostituiti da quelli digitali a causa di alcuni loro inconvenienti caratteristici:

- a) sensibilità agli urti, alla loro posizione d'impiego e difficoltà di riparazione;
- b) difficoltà di lettura dell'esatta posizione dell'ago indicatore;
- c) elevato consumo d'energia e quindi parziale alterazione del circuito in cui vengono inseriti;
- d) prezzo elevato rispetto alla precisione ottenuta.