

## Esercitazione

# Multimetro analogico e digitale

### 1 - Oggetto

- Confronto tra multimetro analogico (VOM) e digitale (DMM).
- Misure di tensioni alternate sinusoidali e distorte. Comportamento in frequenza.
- Misure di resistenza a due e a quattro morsetti.
- Determinazione della resistenza interna di un generatore.

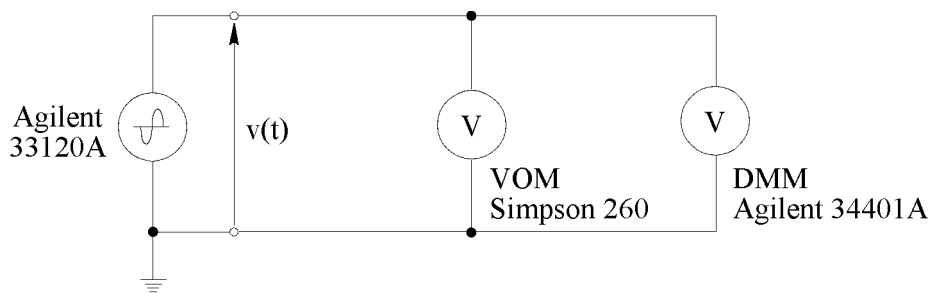
### 2 - Strumentazione impiegata

- Multimetro analogico Simpson 260 serie 7 - VOM (Volt Ohm Milliammeter)
- Multimetro digitale Agilent 34401A - DMM (Digital Multi Meter)
- Generatore di forme d'onda arbitrarie Agilent 33120A

### 3 - Prove con tensione sinusoidale

#### Analisi del comportamento in frequenza

Per effettuare il confronto fra i due strumenti è stato adottato lo schema di misura di Fig.3.1.



**Fig.3.1** - Schema di misura.

Dapprima si imposta la tensione del generatore a un valore di 10 V di picco, con forma d'onda sinusoidale alla frequenza di 100 Hz.

Si eseguono quindi delle prove a frequenza molto bassa (<10 Hz) per osservare le oscillazioni dell'indicatore del multimetro analogico. Queste sono dovute al fatto che a frequenze così basse le componenti armoniche non vengono più filtrate dall'inerzia del meccanismo.

Infine si eseguono sistematicamente delle prove a frequenza variabile da 50 Hz a 1 MHz.

I risultati del confronto sono riportati nella tabella e nel grafico del rapporto allegato, in cui si

osserva in particolare il comportamento passa-basso manifestato dal multimetro analogico. Le prove sono state eseguite impostando sul generatore di segnale l'onda sinusoidale e impiegando per l'ampiezza i valori nominali di picco pari a 10 V e 1 V.

#### 4 - Prove con tensione alternata non sinusoidale

Il multimetro analogico può misurare correttamente solo i valori efficaci di tensioni sinusoidali, in quanto ricorre alla valutazione del valor medio.

La modalità di funzionamento è la seguente:

- 1) viene raddrizzata l'onda in ingresso con un raddrizzatore a doppia semionda;
- 2) viene rilevato il valor medio dell'onda raddrizzata;
- 3) tale valore viene moltiplicato per un opportuno fattore di forma (relativo a segnali sinusoidali) per ottenere il valore efficace.

Per quanto riguarda il DMM, il valore efficace delle grandezze alternate viene determinato mediante un apposito circuito integrato che consente di ottenere sempre il *vero valore efficace* (True RMS). Tale strumento è dunque utilizzabile con segnali alternati di forma qualunque.

Per valutare il diverso comportamento dei due strumenti, il generatore di segnale viene impostato per fornire in uscita una tensione sinusoidale oppure rettangolare (bipolare simmetrica) con 10 V di picco (Fig.4.1).

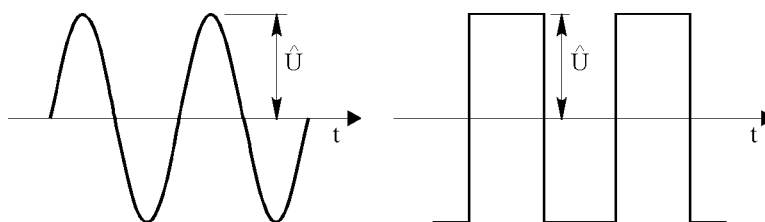


Fig. 4.1 - Onda sinusoidale e rettangolare con uguale valore di picco.

La seguente tabella riassume il comportamento dei due strumenti:

Forma d'onda	Sinusoidale	Rettangolare
Valore di picco	$V_p = 10 \text{ V}$	$V_p = 10 \text{ V}$
Valore efficace	$V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = 7,07 \text{ V}$	$V_{eff} = V_p = 10 \text{ V}$
Valore medio semplice semionda	$V_{m,s} = \frac{V_p}{\pi} = 3,18 \text{ V}$	$V_{m,s} = \frac{V_p}{2} = 5 \text{ V}$
Valore medio doppia semionda	$V_{m,d} = 2 \frac{V_p}{\pi} = 6,37 \text{ V}$	$V_{m,d} = V_p = 10 \text{ V}$
Misura DMM (TRMS)	7,07 V	10 V
Misura VOM ( $1,11 \times V_{m,d}$ )	7,07 V	11,1 V

## 5 - Misure di resistenze

### Misure di resistenze a due morsetti

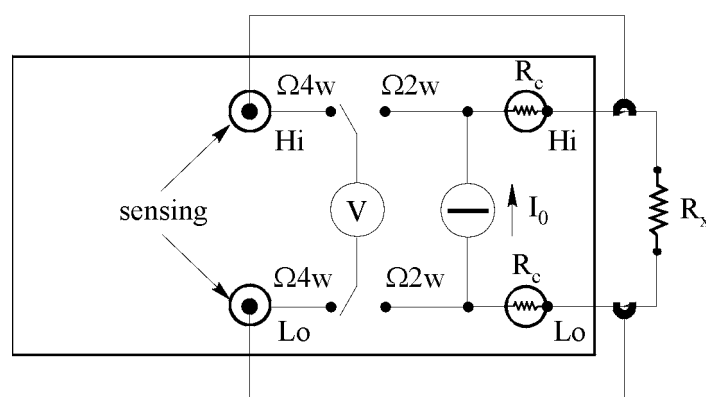
Si eseguono le misurazioni di alcune resistenze commerciali (di valori pari a  $27\Omega \pm 10\%$ ,  $150\Omega \pm 5\%$ ,  $27k\Omega \pm 5\%$ ) tramite il DMM col metodo a due morsetti: le misure ottenute rientrano nella fascia di tolleranza ammessa.

Si esegue con lo stesso strumento la misurazione della resistenza di un cavetto normalmente impiegato per effettuare i collegamenti. Il valore misurato ( $140\text{ m}\Omega$ ) è decisamente inattendibile, viste anche le specifiche dello strumento.

Per confermare l'inattendibilità di tale misura si procede alla misurazione della resistenza di due cavetti posti in serie o in parallelo, osservando come l'indicazione numerica ottenuta si discosti molto poco da quella rilevata con un solo cavetto.

### Misure di resistenze a quattro morsetti

Si introduce il concetto di misurazione di resistenza a quattro morsetti ( $\Omega 4w$ ), come chiarito nella Fig.5.1. Come noto lo strumento inietta la corrente  $I_0$  direttamente sulla resistenza incognita  $R_x$  posta sulle bocche d'uscita. Con tale metodo di misura, si riesce a prelevare la tensione (*sensing*) proprio ai capi della resistenza incognita  $R_x$ , evitando di mettere in gioco anche le resistenze  $R_c$  dei contatti sulle bocche di connessione, come invece avverrebbe col metodo a due morsetti (voltmetro posto sulla coppia di morsetti  $\Omega 2w$ ).



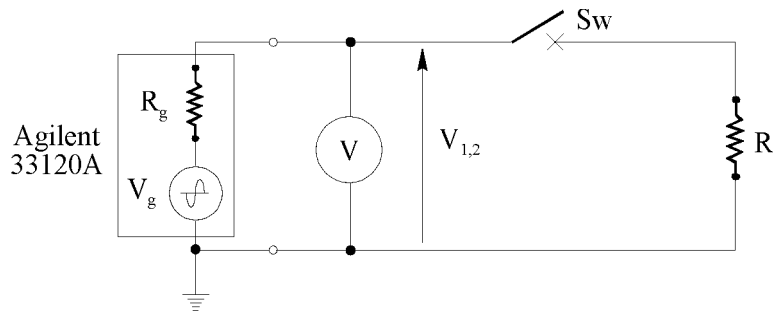
**Fig.5.1** - Misure di resistenza a due ( $\Omega 2w$ ) e quattro ( $\Omega 4w$ ) morsetti.

Con tale schema di misura si ripete la misurazione della resistenza del cavetto, ottenendo un valore di  $10\text{ m}\Omega$  (decisamente più attendibile, anche se occorre mettere in conto le incertezze dello strumento nel *range* di resistenze così piccole).

Si ripetono le misurazioni della resistenza di due cavetti in serie o in parallelo per confermare la maggiore attendibilità della nuova serie di misure.

## 6 - Determinazione della resistenza interna di un generatore

Per determinare la resistenza interna  $R_g$  del generatore di segnale, si è realizzato lo schema di Fig.6.1. Si nota che il generatore di segnale ( $V_g$ ,  $R_g$ ) può essere collegato tramite un interruttore  $Sw$  a una resistenza  $R$  di valore opportuno.



**Fig.6.1** - Schema per la misura della resistenza interna del generatore.

Si procede in due fasi successive, effettuando le misure  $V_1$  e  $V_2$  con il voltmetro:

Fase 1) a vuoto: SW = off (aperto), misuro  $V = V_1 = V_g$

Fase 2) a carico: SW = on (chiuso), misuro  $V = V_2 = V_g R / (R + R_g)$

Dalle misure a vuoto ( $V_1$ ) e a carico ( $V_2$ ), si ottiene il valore della resistenza  $R_g$  del generatore:

$$V_2 = \frac{V_1}{R_g + R} R \Rightarrow R_g = R \left( \frac{V_1}{V_2} - 1 \right)$$

Il valore di  $R_g$  ottenuto corrisponde a quello nominale di  $50 \Omega$  dichiarato dal costruttore.

Per l'esecuzione della prova, il valore della resistenza  $R$  è stato scelto prossimo al valore della resistenza  $R_g$  (noto a priori dalle specifiche del costruttore)  $R = R_g = 50 \Omega$ .

In tal modo le tensioni a vuoto e a carico sono all'incirca una doppia dell'altra.

In particolare, per esempio trattato, si ha:

$$V_g = 10 \text{ V} \quad (\text{tensione a vuoto } V_1)$$

$$I_{cc} = 10\text{V}/50\Omega = 200 \text{ mA} \quad (\text{corrente di corto circuito})$$

$$I_g = 10\text{V}/100\Omega = 100 \text{ mA}; \quad V_2 = 5\text{V} \quad (\text{tensione a carico})$$

Confronto della risposta in frequenza fra:

**Multimetro analogico (VOM) Simpson 260**

**Multimetro digitale (DMM) Agilent 34401A**

(Generatore di alimentazione sinusoidale Agilent 33120A)

f (Hz)	Vp,nom = 10 V			Vp,nom = 1 V		
	VOM V1,rms	DMM V2,rms	% (V1-V2)/V2	VOM V1,rms	DMM V2,rms	% (V1-V2)/V2
50	7,10	7,0578	<b>0,60</b>	0,71	0,7040	<b>0,85</b>
100	7,10	7,0592	<b>0,58</b>	0,71	0,7041	<b>0,84</b>
500	7,10	7,0605	<b>0,56</b>	0,70	0,7042	<b>-0,60</b>
1.000	7,10	7,0608	<b>0,56</b>	0,70	0,7042	<b>-0,60</b>
5.000	7,10	7,0606	<b>0,56</b>	0,70	0,7042	<b>-0,60</b>
50.000	7,05	7,0532	<b>-0,05</b>	0,70	0,7034	<b>-0,48</b>
100.000	6,95	7,0533	<b>-1,46</b>	0,70	0,7033	<b>-0,47</b>
200.000	6,60	7,0634	<b>-6,56</b>	0,68	0,7037	<b>-3,37</b>
300.000	6,20	7,0815	<b>-12,45</b>	0,65	0,7043	<b>-7,71</b>
400.000	5,95	7,0705	<b>-15,85</b>	0,62	0,7015	<b>-11,62</b>
500.000	5,60	7,0724	<b>-20,82</b>	0,61	0,6997	<b>-12,82</b>
600.000	5,40	7,0812	<b>-23,74</b>	0,60	0,6987	<b>-14,13</b>
800.000	5,00	7,1326	<b>-29,90</b>	0,58	0,6998	<b>-17,12</b>
1.000.000	4,60	7,7785	<b>-40,86</b>	0,46	0,7182	<b>-35,95</b>

