

Appunti di Misure Elettriche

Appendice 7 - Voltmetri numerici

Voltmetri numerici ad integrazione	1
Introduzione	1
Voltmetri a doppia rampa	1
<i>Legame tra risoluzione e tempo di misurazione</i>	3
Voltmetro a doppia rampa con fase di runup a durata ridotta	4
Voltmetro con fase di rundown multirampa	5

Voltmetri numerici ad integrazione

INTRODUZIONE

Si progetta lo strumento in funzione di:

- ♦ Accuratezza
- ♦ Tempo richiesto per effettuare la misurazione
- ♦ Complessità circuitale
- ♦ Automazione della misurazione
- ♦ Costo dello strumento
- ♦ Evoluzione tecnologica

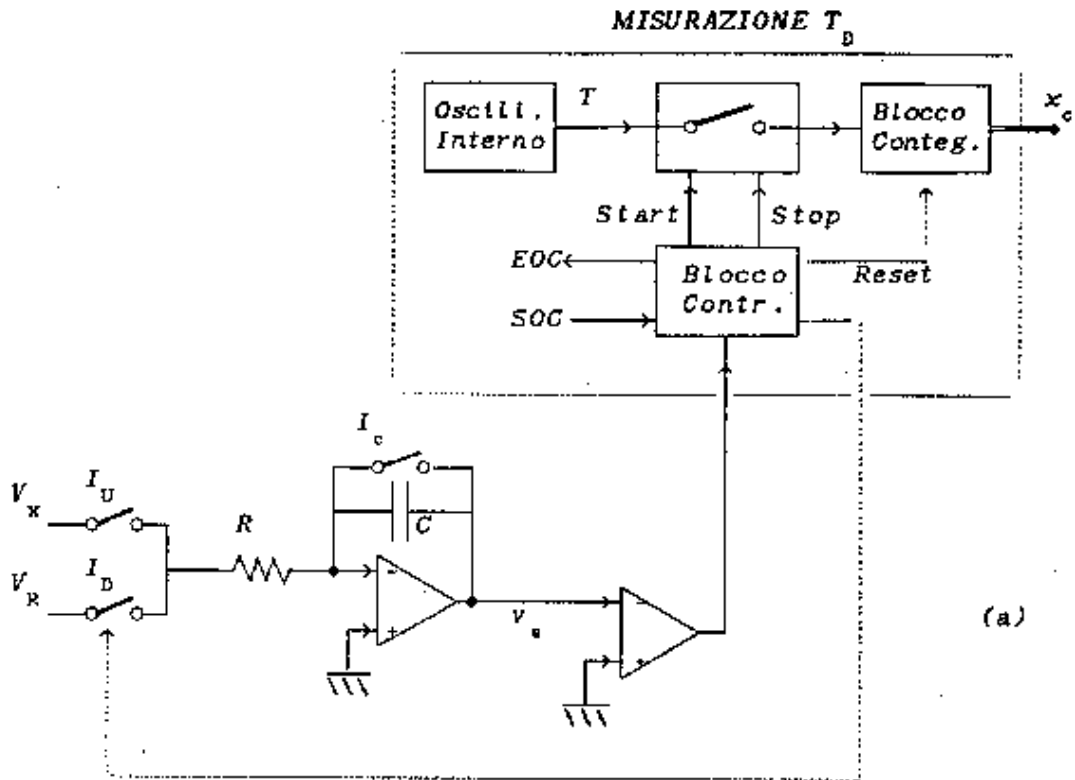
Se si richiede il risultato in forma numerica è ovviamente necessaria una conversione della tensione incognita in un valore numerico

VOLTMETRI A DOPPIA RAMPA

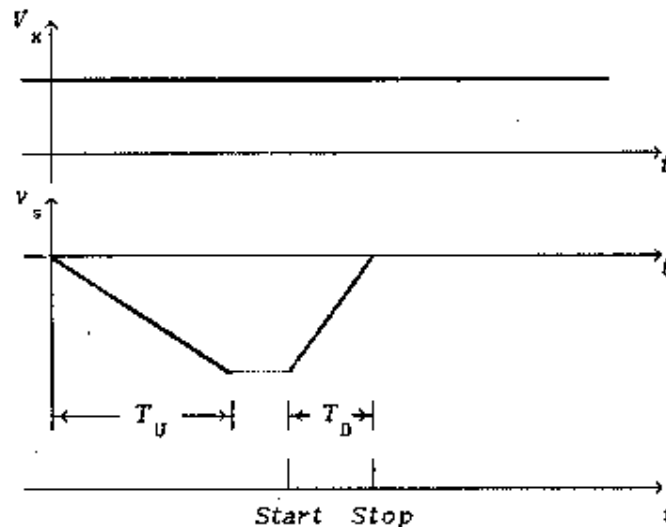
In questo tipo di voltmetri si realizza la conversione tra la tensione di ingresso e un intervallo temporale. Per questa conversione si fa uso di un integratore e di un contatore

Nell'attività di integrazione vi sono due momenti: si carica un condensatore tramite la tensione da convertire V_x e successivamente si scarica usando una tensione di riferimento V_r . Viene valutato il tempo necessario alla scarica del condensatore.

La figura seguente mostra uno schema a blocchi semplificato del dispositivo:



La figura seguente mostra invece gli andamenti del segnale V_X in ingresso e del segnale V_S in uscita dall'integratore (e quindi in ingresso al comparatore):



Prima di iniziare è necessario ripristinare le condizioni iniziali scaricando C tramite l'interruttore I_c e azzerando i contatori

Con I_c aperto, a $t=0$ si chiude l'interruttore I_u , dando inizio alla carica di C e dunque alla conversione di V_x (supposta positiva). Durante questa fase, detta **fase di runup**, non viene ancora dato il segnale di start.

Dopo un tempo T_u , fissato a priori, la rampa raggiunge il valore:

$$V_S(T_u) = -\frac{1}{RC} V_U T_u$$

All'istante T_u , il blocco di controllo provvede all'apertura di I_u , alla chiusura di I_d e all'avvio dell'impulso di *start*. In tal modo, all'ingresso dell'integratore si trova adesso V_r con polarità opposta a V_x e il condensatore prende a scaricarsi. Questa ***fase è detta di rundown*** ed avrà termine quando la tensione ai capi di C vale 0, dopo un tempo T_d ottenibile dalla relazione:

$$V_s(T_u + T_d) = V_s(T_u) - \frac{1}{RC} V_r T_d = 0$$

L'annullamento di V_s , rivelato dal comparatore seguente all'integratore, causa il segnale di *stop* e dunque la fine del conteggio.

Il valore della tensione incognita V_x viene dedotto dalla misura di T_d , necessario alla scarica del C , infatti avremo:

$$V_x = -V_r \frac{T_d}{T_u} = -V_r \frac{N_d}{N_u} \quad (N_d \pm 1)$$

dove N_u e N_d rappresentano il numero di impulsi conteggiati con cadenza T_c durante i due intervalli di tempo T_u e T_d .

Essendo V_r nota, V_x può esser espressa in forma codificata solo in funzione di N_u e N_d indipendentemente da C , R e T_c . **L'accuratezza del voltmetro dipende dunque solo dalla stabilità di V_r e dalla linearità delle rampe.**

E' anche possibile ottenere rapporti di tensione chiudendo I_d su una tensione incognita V_y anziché su V_r . Si ottiene:

$$\frac{V_x}{V_y} = -\frac{N_d}{N_u}$$

Legame tra risoluzione e tempo di misurazione

Mentre T_u (***runup***) non presenta errori di quantizzazione perché la durata di questo intervallo viene scelta pari a un multiplo di T_c (sincronizzata), T_d (***rundown***) presenta errore di quantizzazione. Questo errore si propaga nella valutazione di V_x , che viene valutata con risoluzione Δ_V finita. Si ottiene:

$$\Delta_V = \frac{|V_r|}{N_u} = \frac{|V_x|}{N_d} = \frac{FS}{N_{Dmax}}$$

Fissati dunque un fondo scala FS e un numero massimo di conteggi N_{Dmax} , il valore del passo di quantizzazione Δ_V rimane fissato indipendentemente da V_r e N_u .

Al contrario per un dato FS , Δ_V diminuisce all'aumentare del numero massimo dei conteggi previsto per il ***rundown***.

Se vogliamo determinare il legame tra Δ_V e durata della misurazione basta considerare $T_{mis} \approx T_d + T_u$ in prima approssimazione, e avremo:

$$T_{mis} \approx T_d + T_u = (N_u + N_d) T_c = \frac{|V_r| + |V_x|}{FS} N_{Dmax} T_c$$

Il valore massimo di questa quantità, a seconda del valore della tensione di ingresso, è

$$T_{\text{mismax}} = \max_{V_x} T_{\text{mis}} \cong \left(\frac{|V_r|}{FS} + 1 \right) N_{D\text{max}} T_c$$

In base a questa espressione, fissati FS e $N_{D\text{max}}$, $T_{\text{mis,max}}$ può essere ridotto scegliendo piccoli valori di $|V_r|$, ma così facendo diminuisce anche la pendenza della rampa, aumentando l'incertezza nella determinazione dell'attraversamento per lo zero di V_c .

Spesso occorre scegliere $|V_r|=FS$ e avremo:

$$T_{\text{mis}} \cong \left(\frac{|V_x|}{FS} + 1 \right) N_{D\text{max}} T_c$$

$$T_{\text{mismax}} \cong 2 N_{D\text{max}} T_c \cong 2 \frac{FS}{\Delta_v} T_c$$

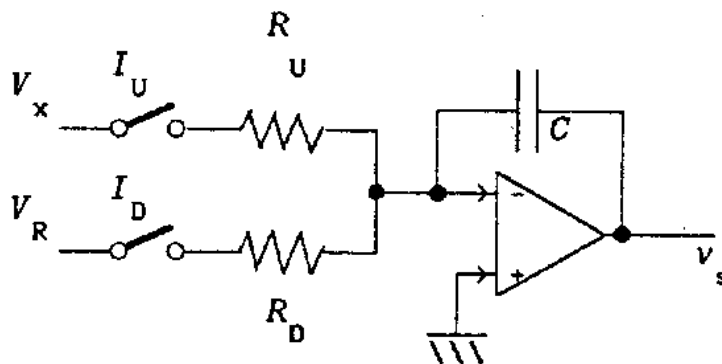
L'ultima equazione mostra che, a parità degli altri parametri, $T_{\text{mis,max}}$ e Δ_v sono tra loro inversamente proporzionali. In particolare se b rappresenta il numero di bit con cui viene espresso il risultato, si ha:

$$N_{D\text{max}} = \begin{cases} 2^b \\ 10^c \end{cases} \quad \text{e avremo: } T_{\text{mismax}} \cong \begin{cases} 2 \cdot 2^b \cdot T_c \\ 2 \cdot 10^c \cdot T_c \end{cases}$$

Il legame tra T_{mis} e numero di bit è approssimativamente esponenziale.

VOLTMETRO A DOPPIA RAMPA CON FASE DI RUNUP A DURATA RIDOTTA

Per ridurre T_{mis} di un voltmetro a doppia rampa senza degradarne la risoluzione può essere adottata la soluzione circuitale seguente:



R_u e R_d rappresentano le resistenze di carica e di scarica del condensatore e avremo:

$$V_x = -V_r \frac{R_u}{R_d} \frac{N_d}{N_u}$$

Scegliendo $R_u < R_d$ si ottiene una riduzione del tempo di **runup** anche se adesso il risultato della misurazione dipende dal valore del rapporto tra queste due resistenze.

Esistono tecnologie in grado di garantire realizzazioni integrate di un rapporto di resistenze con caratteristiche adeguate.

Avremo:

$$\Delta_V = \frac{|V_r| R_u}{N_u R_d} = \frac{|V_x|}{N_d} = \frac{FS}{N_{Dmax}}$$

che presenta le stesse caratteristiche precedenti.

T_{mis} è adesso fornita dalla relazione seguente:

$$T_{mis} \cong (N_u + N_d) T_c = \frac{(R_u/R_d) |V_r| + |V_x|}{FS} N_{Dmax} T_c$$

la quale conferma che, a parità di altri parametri, T_{mis} può essere ridotto scegliendo $(R_u/R_d) < 1$

VOLTMETRO CON FASE DI RUNDOWN MULTIRAMPA

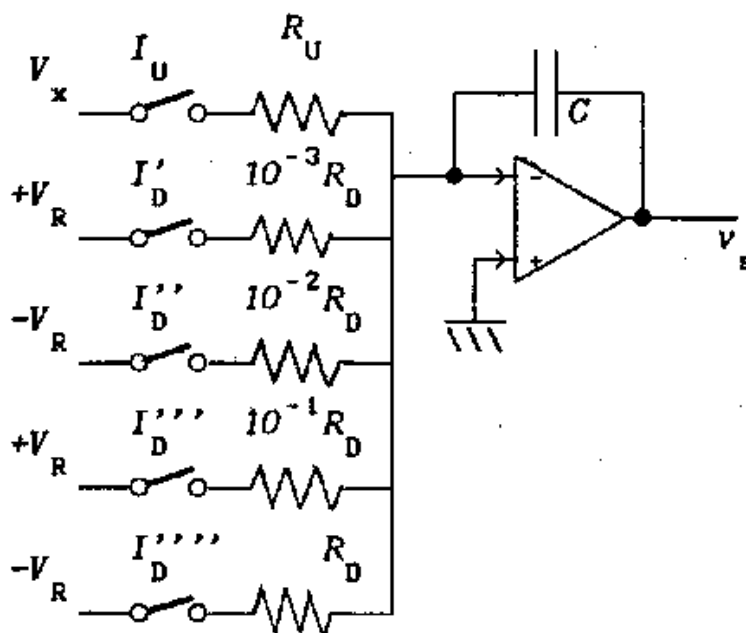
Una riduzione consistente del T_{mis} è ottenibile utilizzando, per la fase di **rundown**, rampe di diversa pendenza.

Supponiamo che il valore della tensione incognita sia rappresentato con 4 cifre decimali

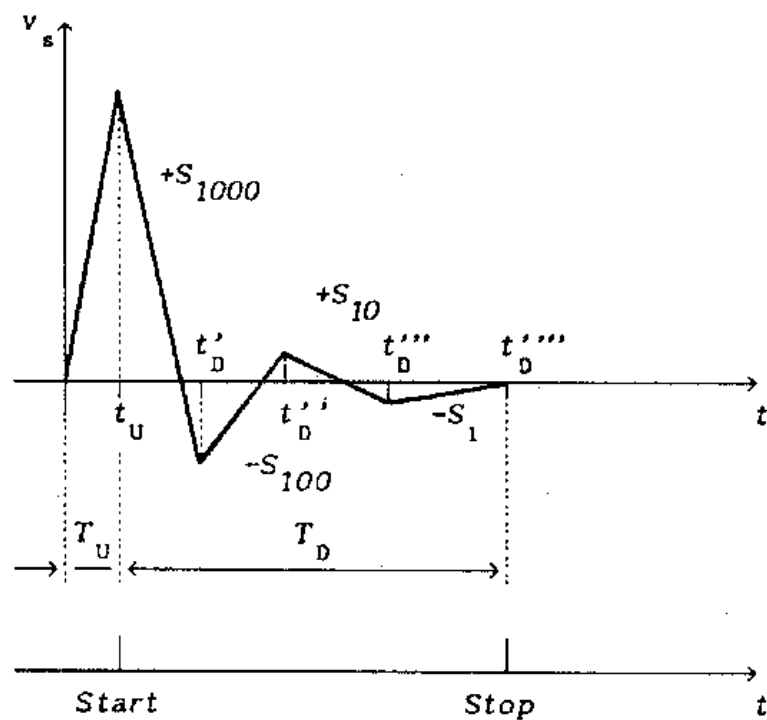
Nei voltmetri che abbiamo visto sino a ora si scelgono i vari parametri circuitali (V_r , R_u , R_d ,...) in modo da ottenere la risoluzione richiesta e supponendo la rampa generata di pendenza unitaria. Si predisponga invece l'integratore in modo da generare 4 rampe con le seguenti pendenze:

$$\pm S_1 = 1, \pm S_{10} = 10, \pm S_{100} = 100, \pm S_{1000} = 1000$$

Lo schema di principio è riportato in figura seguente:



L'andamento della forma d'onda in uscita dall'integratore risulta essere il seguente:



Durante la fase di **runup**, viene chiuso solo l'interruttore I_u e, nell'ipotesi di $V_x < 0$, parte la prima rampa di pendenza positiva.

Autore: **SANDRO PETRIZZELLI**
 e-mail: sandry@iol.it
 sito personale: <http://users.iol.it/sandry>
 succursale: <http://digilander.iol.it/sandry1>