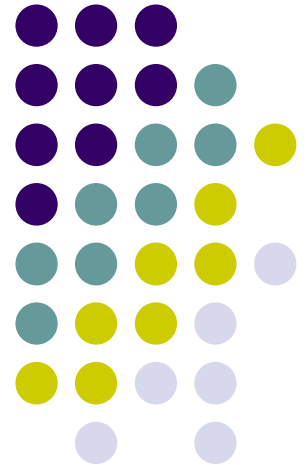


Voltmetri numerici

- Convertitore A/D a doppia rampa



Voltmetro a doppia rampa (cenni)

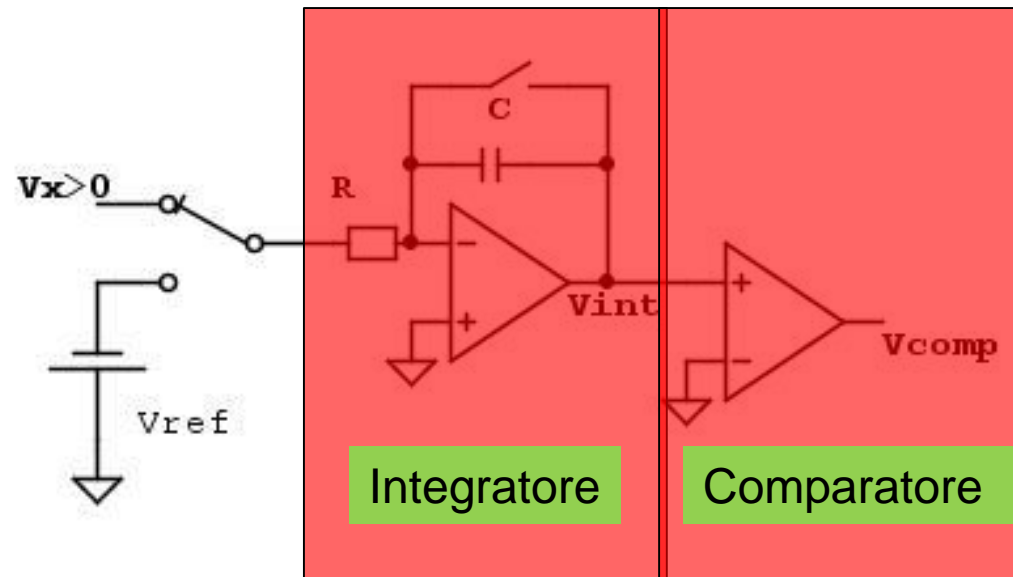


- Il voltmetro a doppia rampa rappresenta una soluzione in cui
 - Non si è interessati alla velocità di conversione
 - L'obiettivo principale è ridurre la sensibilità ai parametri circuitali
 - Avere uno strumento non sensibile ad eventuali disturbi/rumori sovrapposti alla tensione continua sotto misura

Voltmetro a doppia rampa: schema di massima



- In figura non sono indicati eventuali circuiti per il cambio di portata, per ottenere l'impedenza di ingresso desiderata, eventuali filtri
- Condizioni iniziali
C scarico
integraz. di V_x

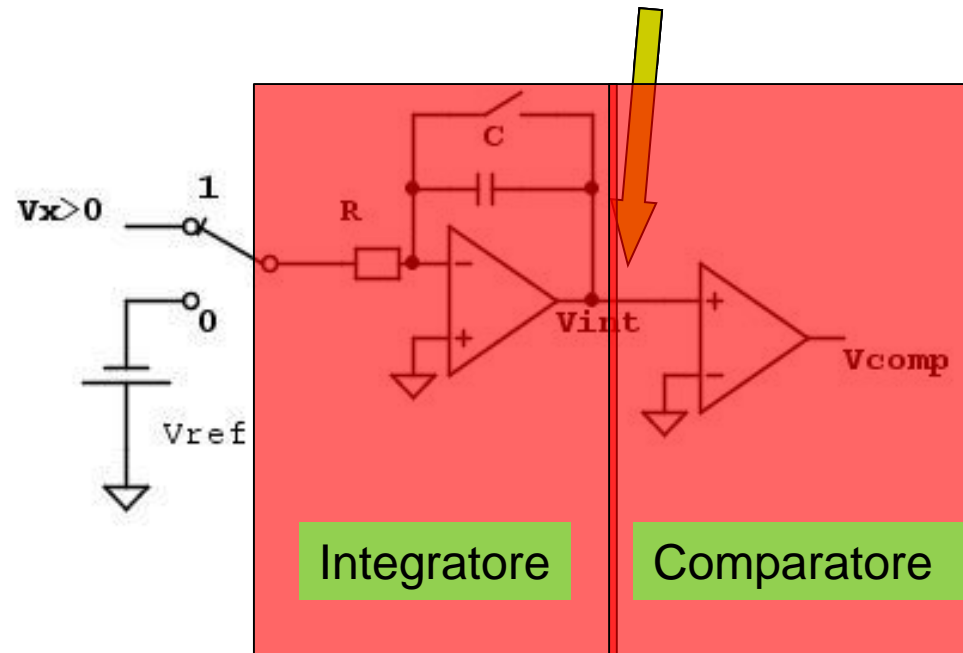


Voltmetro a doppia rampa: schema di massima



- Prima fase: interruttore in 1 ed integrazione di V_x per la durata T_1
- T_1 è fissato dal progettista
- Al termine dell'intervallo T_1 il commutatore va nella posizione 0
- Integrazione di V_{ref}

$$V_{int} = -\frac{1}{RC} \int_{T_1} V_x dt$$

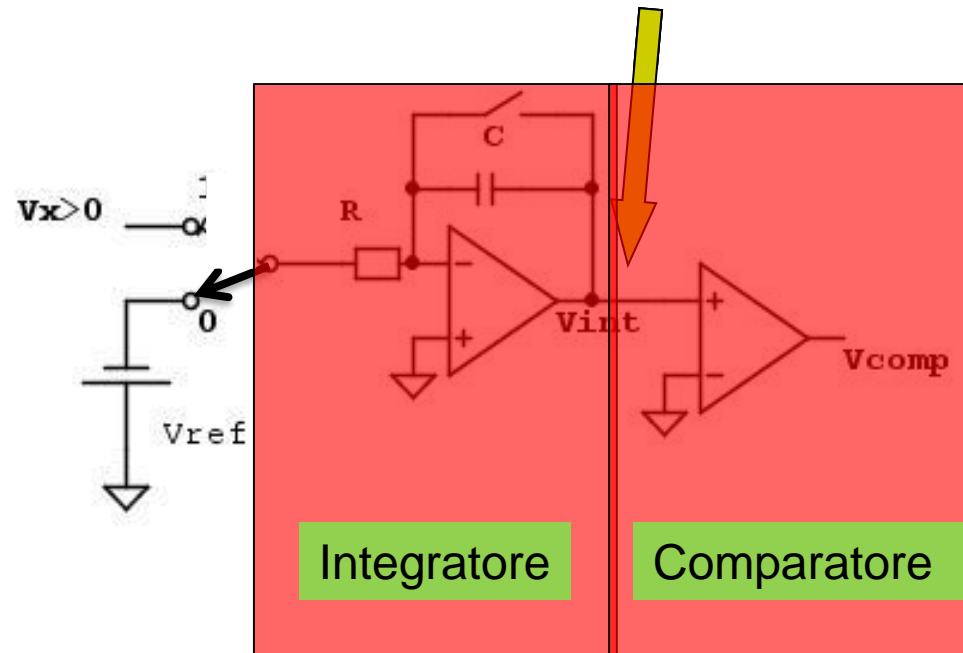


Voltmetro a doppia rampa: schema di massima



- Seconda fase: interruttore in 2 ed integrazione di V_{ref} per la durata T_2
- T_2 è l'intervallo di tempo dalla commutazione dell'interruttore su V_{ref} fino a quando la rampa non assume nuovamente valore di 0V

$$V_{int} = -\frac{1}{RC} \int_{T_2} V_{ref} dt$$

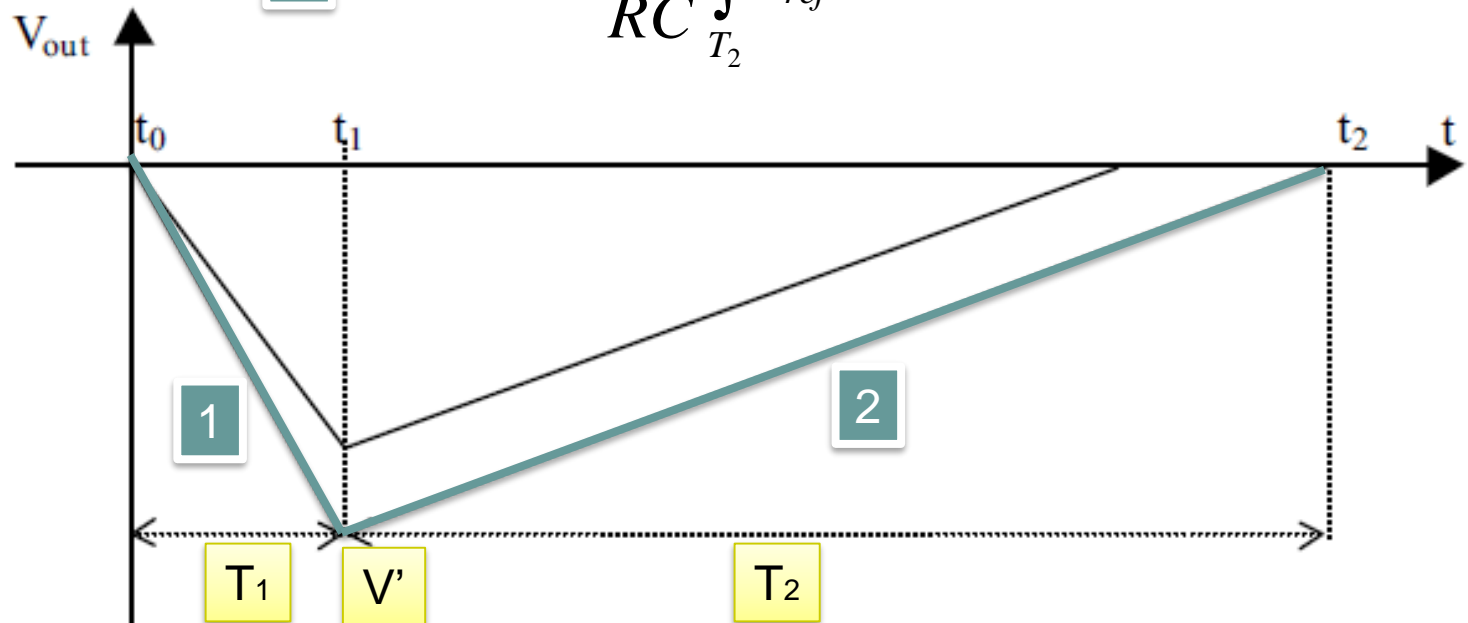




Voltmetro a doppia rampa

$$1 \quad V(t) = -\frac{1}{RC} \int_{T_1} V_x dt$$

$$2 \quad V(t) = -\frac{1}{RC} \int_{T_2} V_{ref} dt + V'$$



Voltmetro a doppia rampa



$$1) \quad V(T_1) = -\frac{1}{RC} V_x \cdot T_1$$

$$2) \quad 0 = -\frac{1}{RC} V_{ref} \cdot T_2 - \frac{1}{RC} V_x \cdot T_1$$

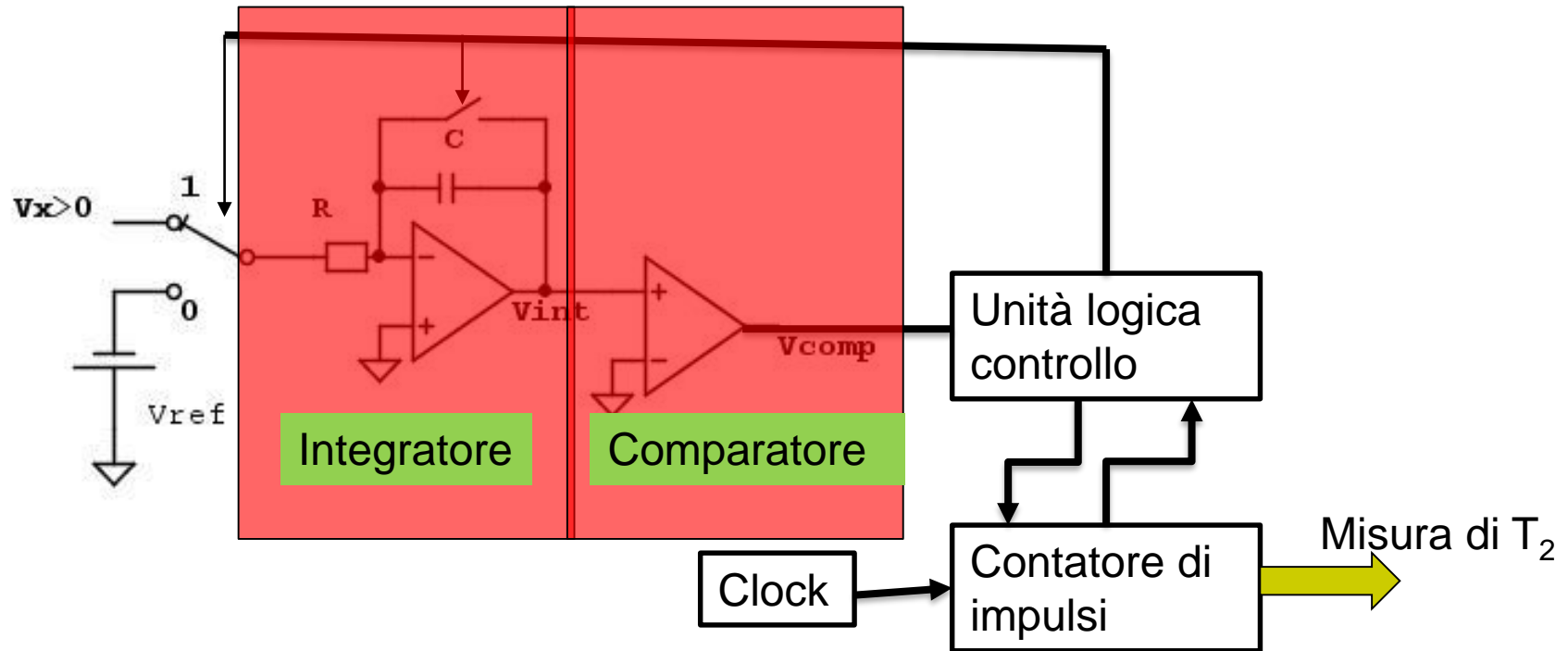
$$3) \quad V_{ref} \cdot T_2 = -V_x \cdot T_1 \quad \Rightarrow \quad V_x = -V_{ref} \cdot \frac{T_2}{T_1}$$



Voltmetro a doppia rampa

- La misura di tensione non dipende da R e C
- Occorre effettuare una misura di intervallo di tempo per determinare una tensione
- Occorre una tensione di riferimento di buona qualità

Voltmetro a doppia rampa: schema “quasi” completo



Voltmetro a doppia rampa: scelta di T_1



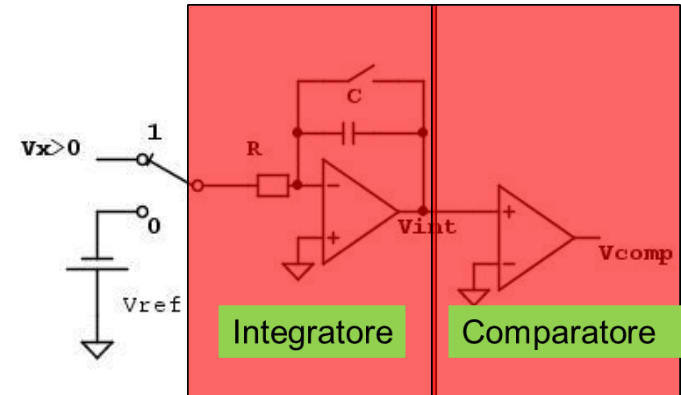
- Prima fase: integrazione di V_x per la durata T_1

- $$V_{int} = -\frac{1}{RC} \int_0^{T_1} V_x dt =$$

- hp: $V_x = V_x^{mis} + n_d(t) = V_x^{mis} + A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$

- V_x^{mis} = tensione costante da misurare

- $n_d(t) = \text{disturbo sinusoidale} = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$



Voltmetro a doppia rampa: scelta di T_1



- $$V_{int} = -\frac{1}{RC} \int_0^{T_1} (V_x^{mis} + n_d(t)) dt = -\frac{V_x^{mis}}{RC} \cdot T_1 - \frac{\int_0^{T_1} n_d(t) dt}{RC}$$
- Il termine in rosso rappresenta il termine di incertezza dovuto al disturbo
- Indicando il periodo del disturbo pari a T_d il contributo di incertezza del disturbo è nullo se $T_1 = nT_d$
- Scegliendo opportunamente T_1 si può annullare il contributo del disturbo
- Il disturbo più comune è quello a 50Hz o suoi multipli (disturbo della rete elettrica) pertanto il tempo di integrazione T_1 è scelto pari a 20ms o multipli (per esempio 1s)

Voltmetro a doppia rampa: scelta di T_1



- Dal manuale:

Integration Time

Integration time is the period during which the multimeter's analog-to-digital (A/D) converter samples the input signal for a measurement. Integration time affects the measurement resolution (for better resolution, use a longer integration time), and measurement speed (for faster measurements, use a shorter integration time).

Applies to all measurement functions except ac voltage, ac current, frequency, and period. The integration time for the math operations (null, min-max, dB, dBm, limit test) is the same as the integration time for the measurement function in use.

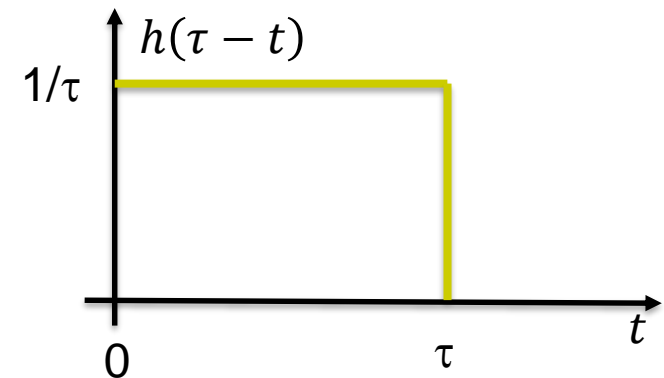
- Integration time is specified in *number of power line cycles* (NPLCs). The choices are 0.02, 0.2, 1, 10, or 100 power line cycles. *The default is 10 PLCs.*
- The integration time is stored in *volatile* memory; the multimeter selects 10 PLCs when power has been off or after a remote interface reset.
- Only the integral number of power line cycles (1, 10, or 100 PLCs) provide normal mode (line frequency noise) rejection.
- The only way to control the reading rate for ac measurements is by setting a trigger delay (*see page 79*).
- The following table shows the relationship between integration time and measurement resolution.

Integration Time	Resolution
0.02 NPLC	0.0001 x Full-Scale
0.2 NPLC	0.00001 x Full-Scale
1 NPLC	0.000003 x Full-Scale
10 NPLC	0.000001 x Full-Scale
100 NPLC	0.0000003 x Full-Scale

Risposta in frequenza di un convertitore a doppia rampa



- Durante il primo intervallo T_1 di integrazione abbiamo che l'uscita dell'integratore è pari a $v_{int} \propto \int V_x dt$
- $v_{int} = -\frac{1}{RC} \cdot \int_{t_0}^{t_0+\tau} V_x(t) dt$ dove $\tau = T_1$
- Posso porre $t_0 = 0$ e definire $h(\tau - t)$
- $v_{int} = k \cdot \int_0^\tau V_x(t) dt = k \cdot \int_0^\infty V(t) \cdot h(\tau - t) dt$
- Con $h(\tau - t)$ funzione 'porta' definita come



Risposta in frequenza di un convertitore a doppia rampa



- Per mezzo dell'introduzione di $h(\tau - t)$ possiamo ora calcolare la trasformata di Laplace di

$$v_{int} = k \cdot \int_0^{\infty} V_x(t) \cdot h(\tau - t) dt$$
$$\tilde{v}_{int}(s) = k \cdot \tilde{V}_x(s) \cdot \tilde{h}(s)$$

Da cui ottengo

$$\frac{\tilde{v}_{int}(s)}{\tilde{V}_x(s)} = k \cdot \tilde{h}(s)$$

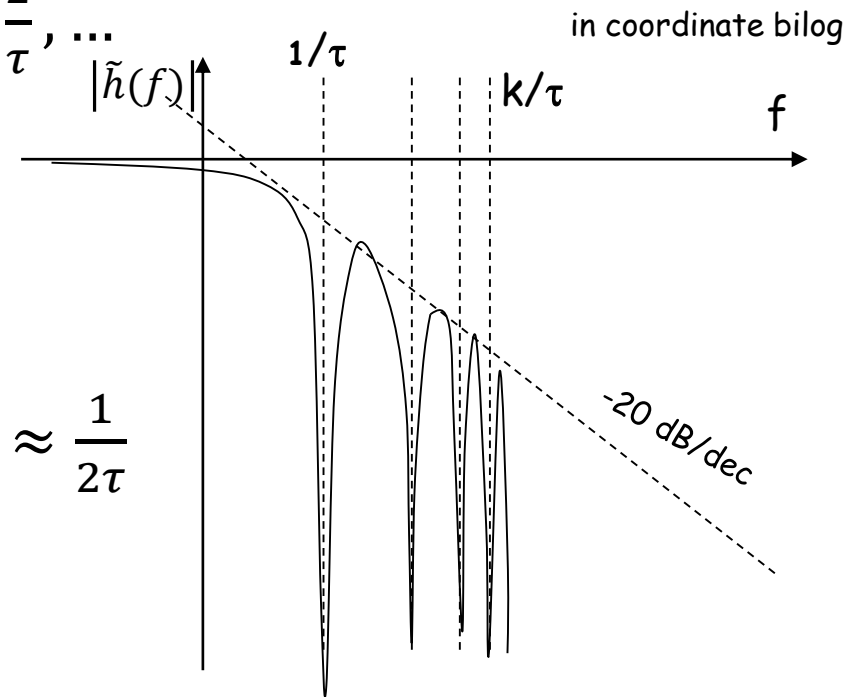
In definitiva studiare la funzione di trasferimento di un integratore nell'intervallo di tempo $T_1 = \tau$ equivale a studiare la trasformata $h(\tau - t)$ ovvero la trasformata di una funzione 'porta' di durata τ .

Risposta in frequenza di un convertitore a doppia rampa



- Occorre studiare l'andamento di $|\tilde{h}(f)| \propto \left| \frac{\sin(\pi f \tau)}{\pi f \tau} \right|$

- $|\tilde{h}(f)|$ è pari a zero per $f = \frac{1}{\tau}, \frac{2}{\tau}, \dots$
- $|\tilde{h}(f)|$ è pari a 1 per $f \rightarrow 0$
- $|\tilde{h}(f)|$ si riduce del 30% per $f \approx \frac{1}{2\tau}$



Introduzione alla seconda esercitazione sperimentale

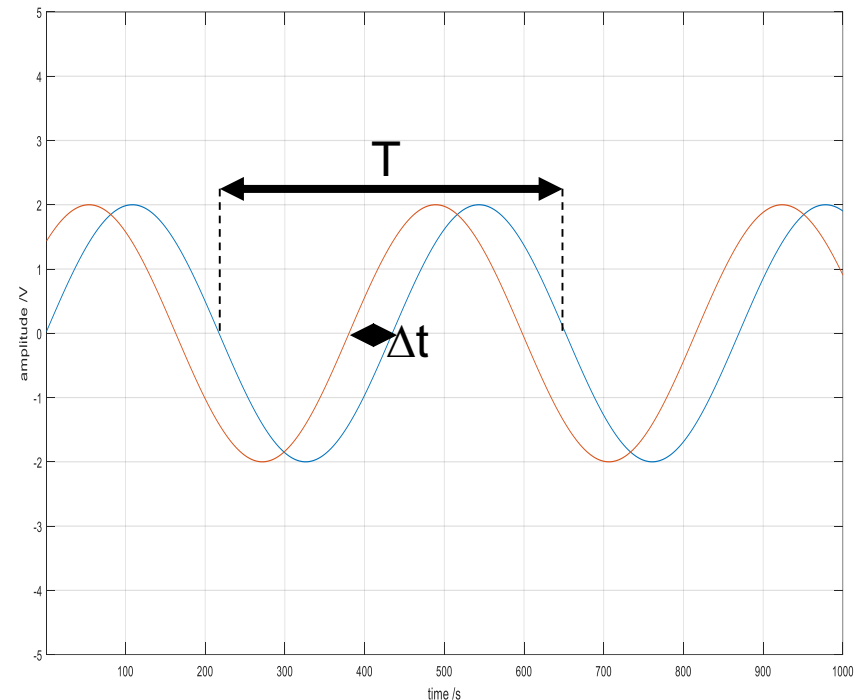


- Misura della funzione di trasferimento di un filtro RC
- Metodo: collego l'ingresso del filtro ad un generatore di segnale sinusoidale a frequenza variabile
- Misuro l'ampiezza e la fase del segnale in uscita

Introduzione alla seconda esercitazione sperimentale



- Primo passo: misurare la differenza di fase
- $\Delta\phi: 360^\circ = \Delta t: T$





Esercizio

- Due segnali sinusoidali sono inviati al CH₁ e al CH₂ impostati, rispettivamente, a 2V/div e 5V/div. La base tempi è “triggerata” sul CH₁ (TL=-3V, SLOPE -) con sensibilità di 50μs/div. L'immagine ottenuta è la seguente. Determinare la frequenza dei segnali e la loro differenza di fase (non è richiesta l'incertezza).

