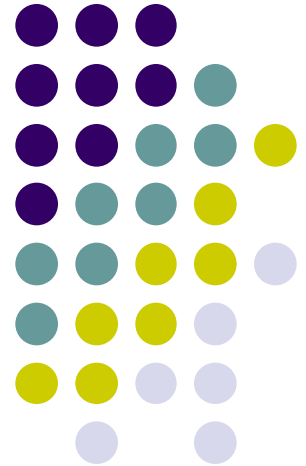


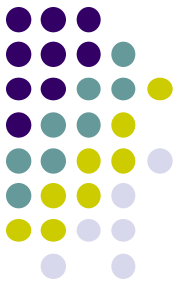
# Sistemi Elettronici

## Tecnologie e Misure

---

Voltmetri numerici  
Convertitore A/D a doppia rampa



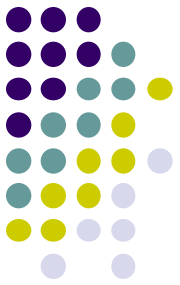


# Voltmetro a doppia rampa

Il voltmetro a doppia rampa è un sistema di misura basato su un convertitore AD

Tale sistema di misura rappresenta una soluzione in cui

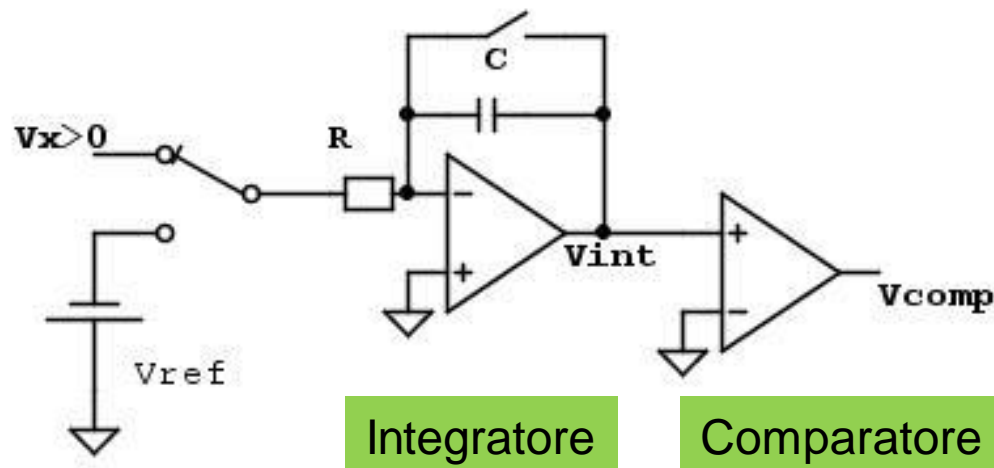
- ❑ Non si è interessati alla velocità di conversione
- ❑ L'obiettivo principale è ridurre la sensibilità ai parametri circuitali
- ❑ Avere uno strumento non sensibile ad eventuali disturbi/rumori sovrapposti alla tensione continua sotto misura

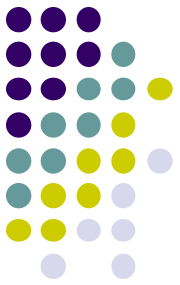


# Voltmetro a doppia rampa

In figura è riportato lo schema di massima di un voltmetro a doppia rampa

- Non sono indicati eventuali circuiti per il cambio di portata, per ottenere l'impedenza di ingresso desiderata, eventuali filtri...

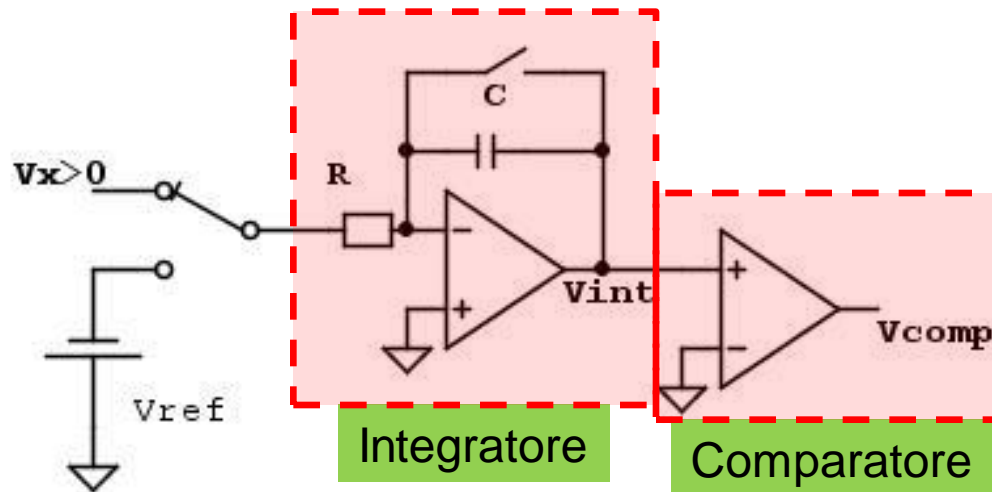




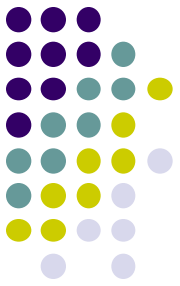
# Voltmetro a doppia rampa

Funzionamento:

- Condizioni iniziali: C scarico
- Una volta scaricato il condensatore C inizia l'integrazione di  $V_x$
- Ipotesi iniziale:  $V_x > 0$  e  $V_{ref}$  negativa



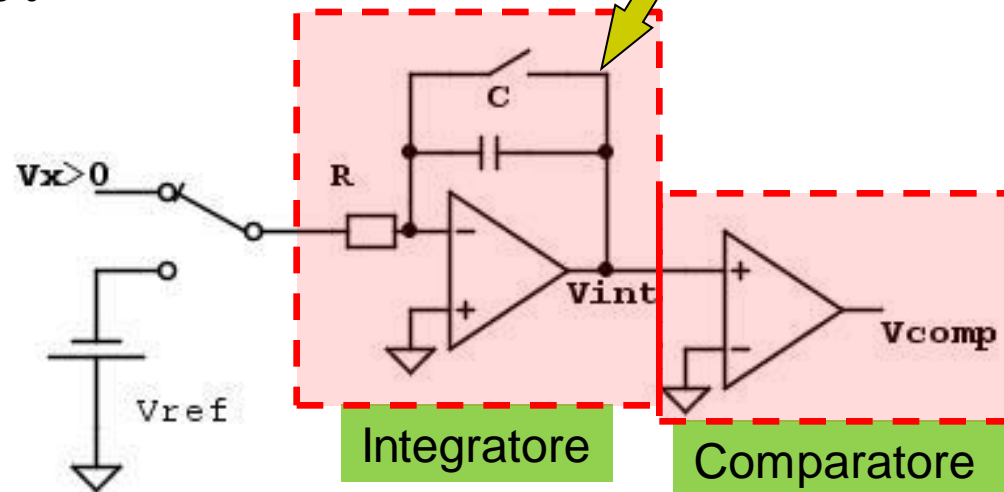
# Voltmetro a doppia rampa



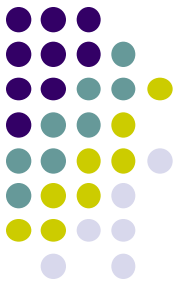
## Funzionamento:

- 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  $V_{ref}$

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



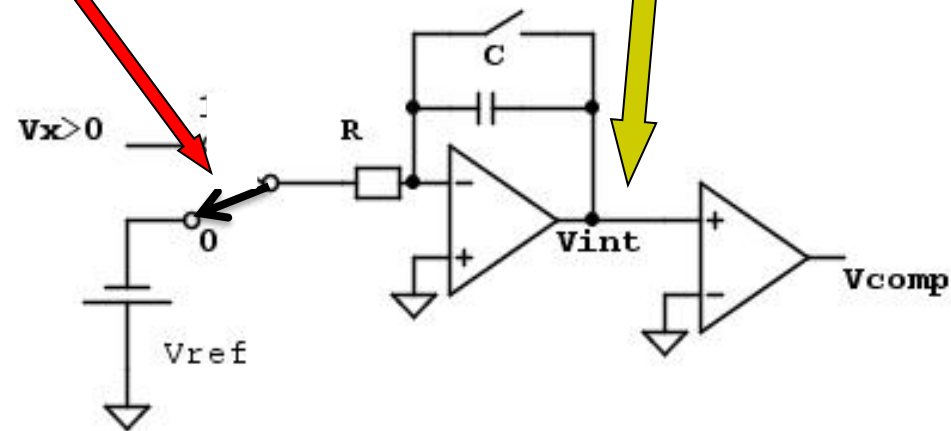
# Voltmetro a doppia rampa



Funzionamento:

- 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 0 V

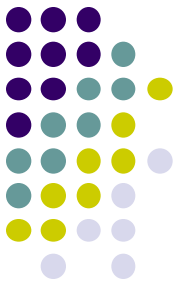
$$V_{int} = -\frac{1}{RC} \int_{T_2} V_{ref} dt$$



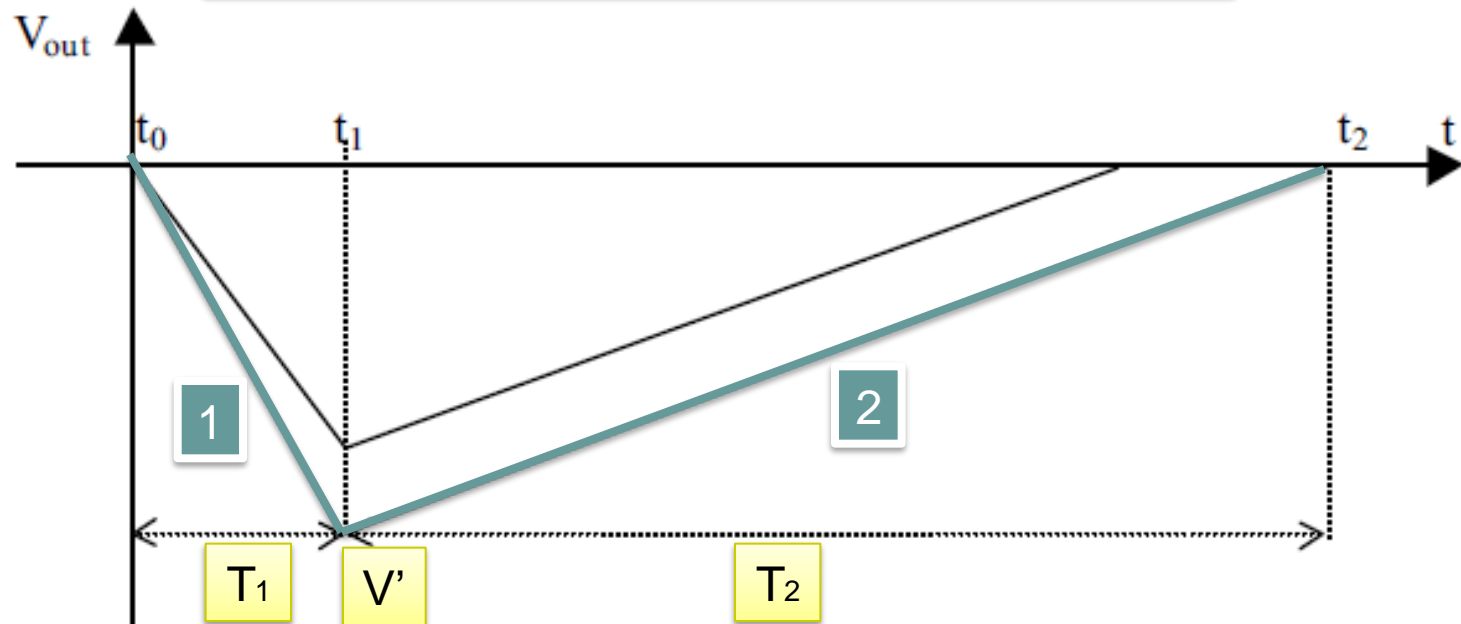
Integratore

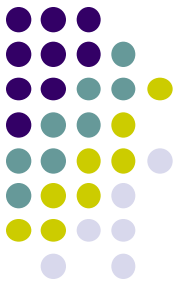
Comparatore

# Voltmetro a doppia rampa



$$1) V(t) = -\frac{1}{RC} \int_{t_0}^{t_1} V_x dt$$
$$2) V(t) = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} V_{ref} dt + V'$$





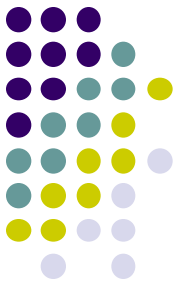
# Voltmetro a doppia rampa

$$1) \quad V(t) = -\frac{1}{RC} \int_{t_0}^{t_1} V_x dt \rightarrow V(T_1) = -\frac{1}{RC} V_x T_1$$

$$2) \quad V(t) = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} V_{ref} dt + V' \rightarrow 0 = -\frac{1}{RC} V_{ref} T_2 - \frac{1}{RC} V_x T_1$$

$$\text{Da cui } V_{ref} T_2 = -V_x T_1 \rightarrow \mathbf{V_x = -\frac{T_2}{T_1} V_{ref}}$$



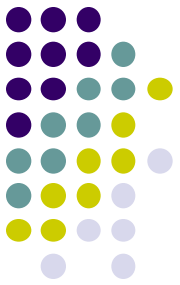


# Voltmetro a doppia rampa

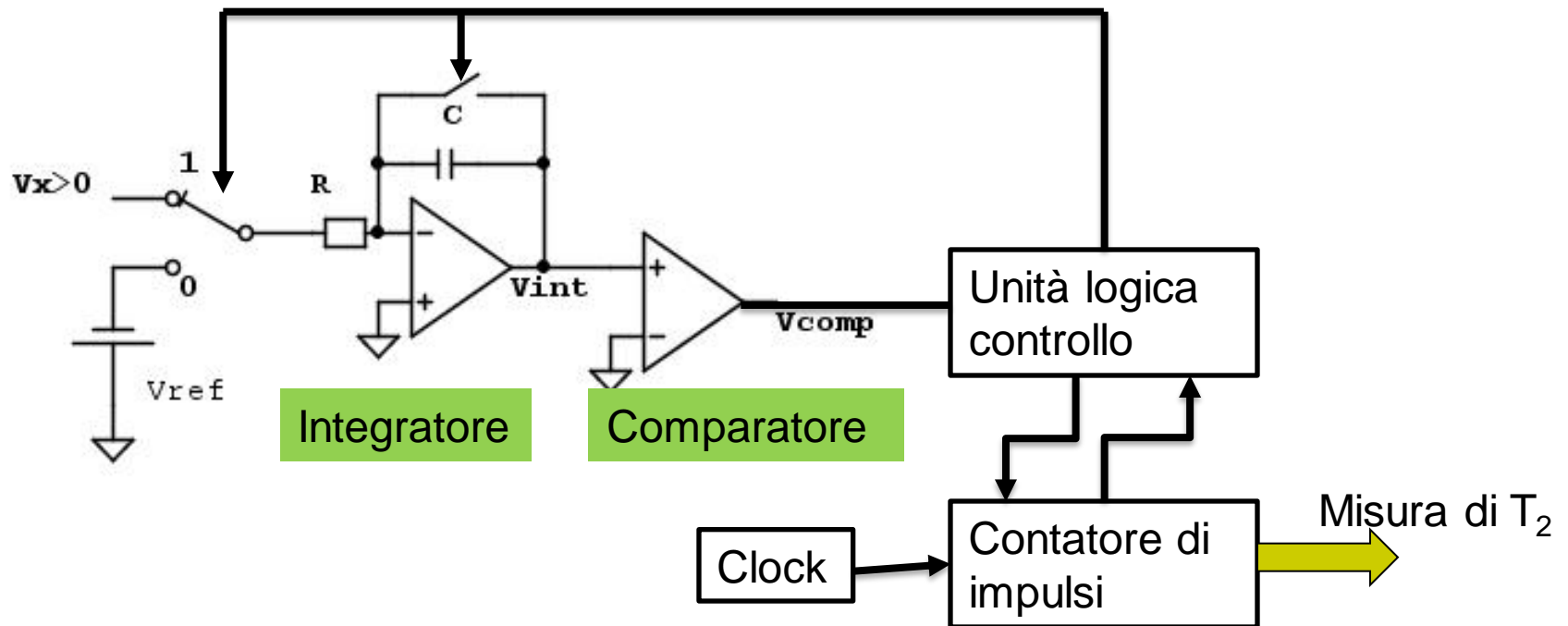
$$V_x = -\frac{T_2}{T_1} V_{ref}$$

- 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

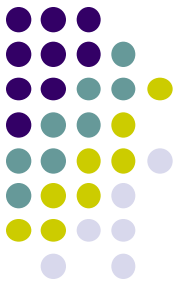
# Voltmetro a doppia rampa



Schema “quasi” completo



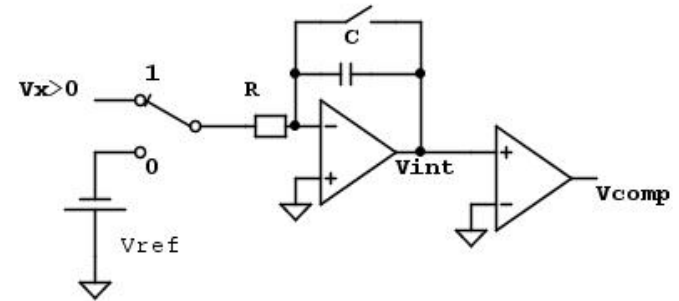
# Voltmetro a doppia rampa



Scelta di  $T_1$

- Prima fase: integrazione di  $V_x$  per la durata  $T_1$

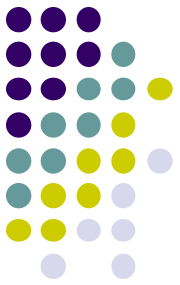
$$V_{int} = -\frac{1}{RC} \int_0^{T_1} V_x dt =$$



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

- $V_x^{mis}$  = tensione costante che si intende misurare

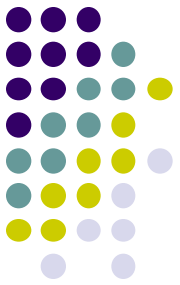
- $n_d(t)$  = disturbo sinusoidale che vorrei annullare =  $A \cdot \sin(\frac{2\pi}{T} t)$



# Voltmetro a doppia rampa

$$V_{int} = -\frac{1}{RC} \int_0^{T_1} (V_x^{mis} + n_d(t)) dt = -\frac{V_x^{mis}}{RC} \cdot T_1 - \frac{\int_0^{T_1} n_d(t) dt}{RC}$$

- 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  $T_1 = 20 ms = 1 NPLC$  è scelto pari a  $20ms$  o multipli (per esempio  $100 ms$ )



# Voltmetro a doppia rampa

## Dal manuale del 34401:

### Integration Time

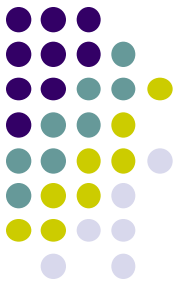
Integration time is the period during which the multimeter's analog-to-digital (A/D) converter samples the input signal for a measurement. Integration time affects the measurement resolution (for better resolution, use a longer integration time), and measurement speed (for faster measurements, use a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

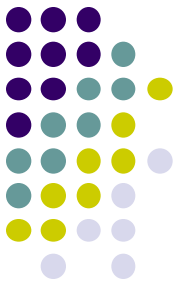
Integration Time	Resolution
0.02 NPLC	0.0001 x Full-Scale
0.2 NPLC	0.00001 x Full-Scale
1 NPLC	0.000003 x Full-Scale
10 NPLC	0.000001 x Full-Scale
100 NPLC	0.0000003 x Full-Scale

# Introduzione alla seconda esercitazione sperimentale



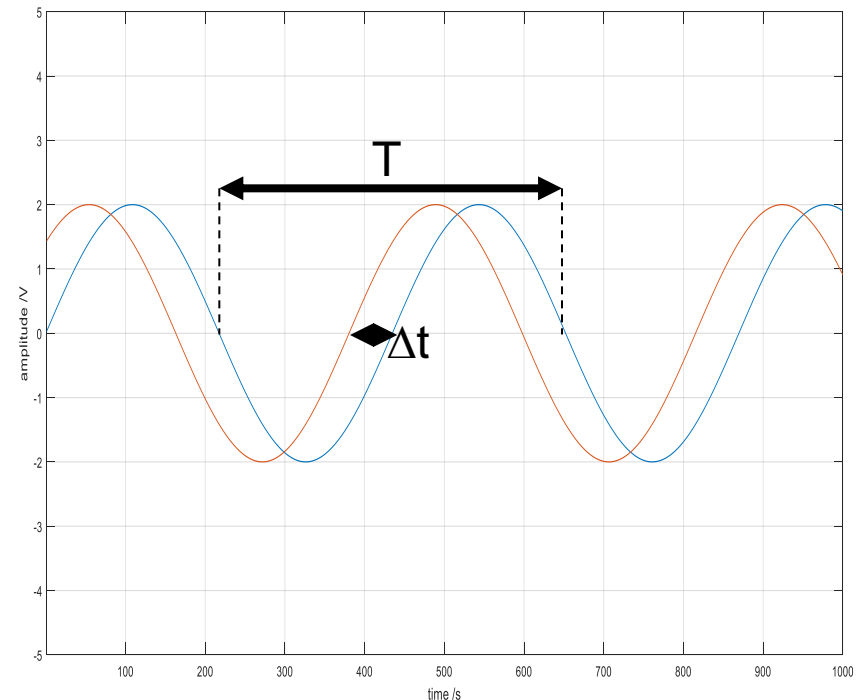
- ❑ Misura della funzione di trasferimento (diagrammi di Bode) di un filtro RC (passa basso e passa alto)
- ❑ Metodo: collego l'ingresso del filtro ad un generatore di segnale sinusoidale a frequenza variabile ed ampiezza costante
- ❑ Misuro l'ampiezza del segnale in uscita e calcolo il rapporto fra ampiezza segnale di uscita e ampiezza segnale di ingresso (uso i dB e grafici semilogx)
- ❑ Misuro la differenza di fase fra uscita ed ingresso (grafici semilogx)
- ❑ Sui grafici riporto le fasce di incertezza dopo averle valutate per ciascun punto di misura

# Introduzione alla seconda esercitazione sperimentale

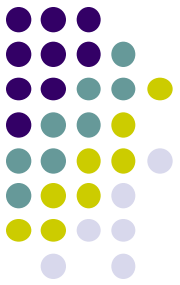


Come misurare la differenza di fase

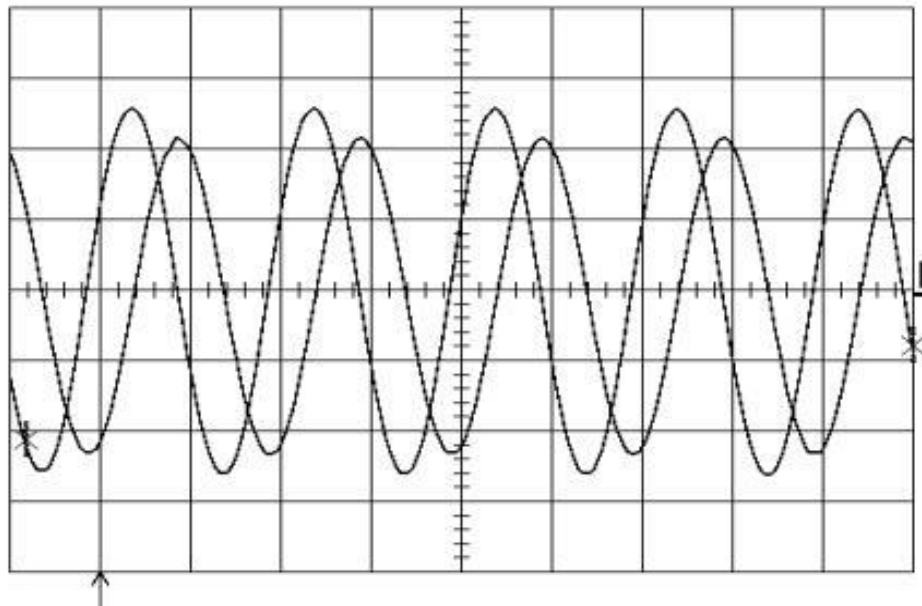
$$\Delta\phi: 360^\circ = \Delta t: T$$



# Esercizio

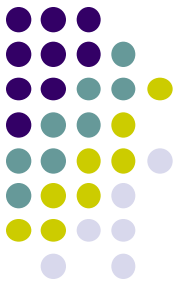


Due segnali sinusoidali sono inviati al CH<sub>1</sub> e al CH<sub>2</sub> impostati, rispettivamente, a 2V/div e 5V/div. La base tempi è “triggerata” sul CH<sub>1</sub> (TL=-3V, SLOPE -) con sensibilità di 50μs/div. L’immagine ottenuta è la seguente. Determinare la frequenza dei segnali e la loro differenza di fase (non è richiesta l’incertezza).





# Soluzione



$$T = 2 \text{ div}$$

$$\tau = 0.4 \text{ div}$$

$$\Delta\phi = 360^\circ \frac{\tau}{T} = 360^\circ \frac{0.4}{2} = 72^\circ$$

Incertezza di misura?

$$\frac{\delta(\Delta\phi)}{\Delta\phi} = \frac{\delta\tau}{\tau} + \frac{\delta T}{T} \dots$$

