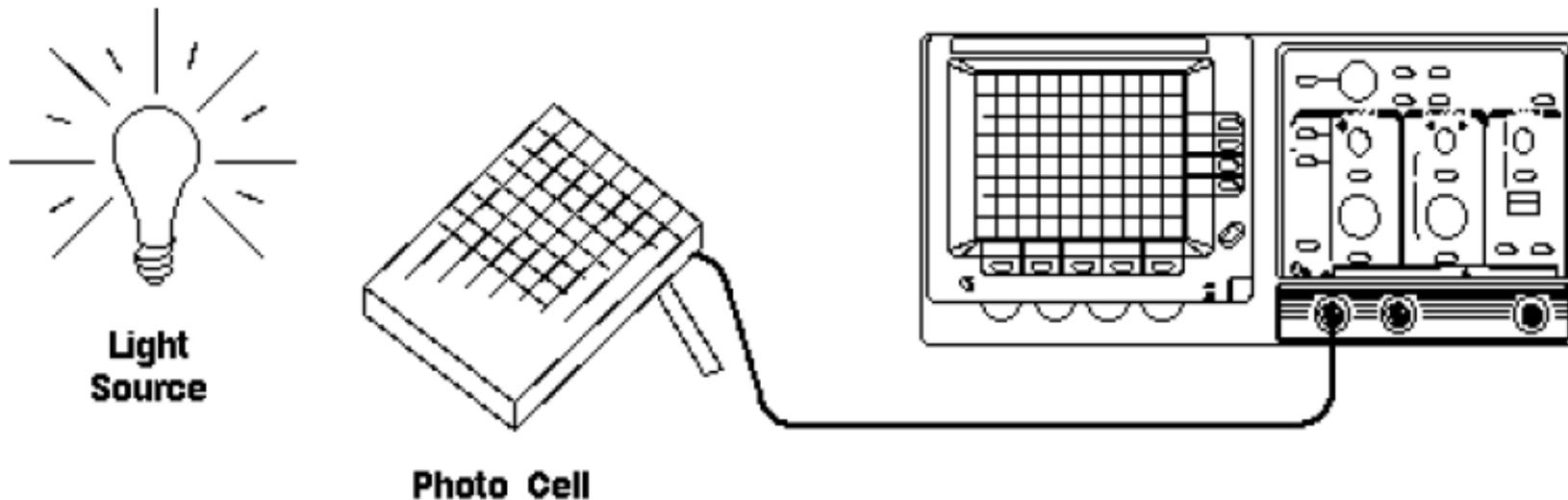


# L' OSCILLOSCOPIO

**Ing. Stefano Severi**

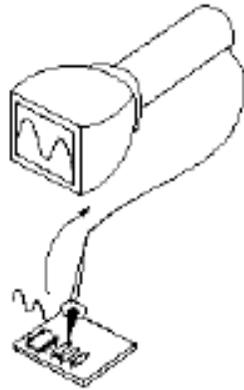
L'oscilloscopio visualizza la tensione (variabile) ai capi di un bipolo (che può essere un elemento di un circuito, un sensore, ecc.).



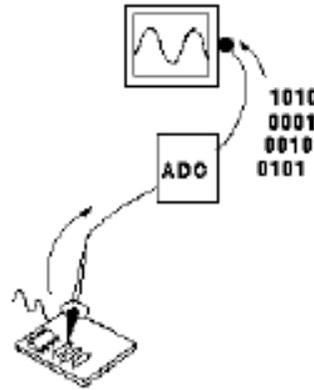
In quanto misuratore di tensione, l'impedenza d'ingresso di un oscilloscopio deve essere (ed è) alta.

Un valore tipico (normalmente indicato sul pannello frontale) è 1 M $\Omega$  in parallelo con (circa) 10 pF.

**L'oscilloscopio è in grado di visualizzare solo l'andamento di tensioni periodiche**



Analog Oscilloscopes  
Trace Signals



Digital Oscilloscopes Sample Signals  
and Construct Displays

Un oscilloscopio può essere:

- analogico
- digitale

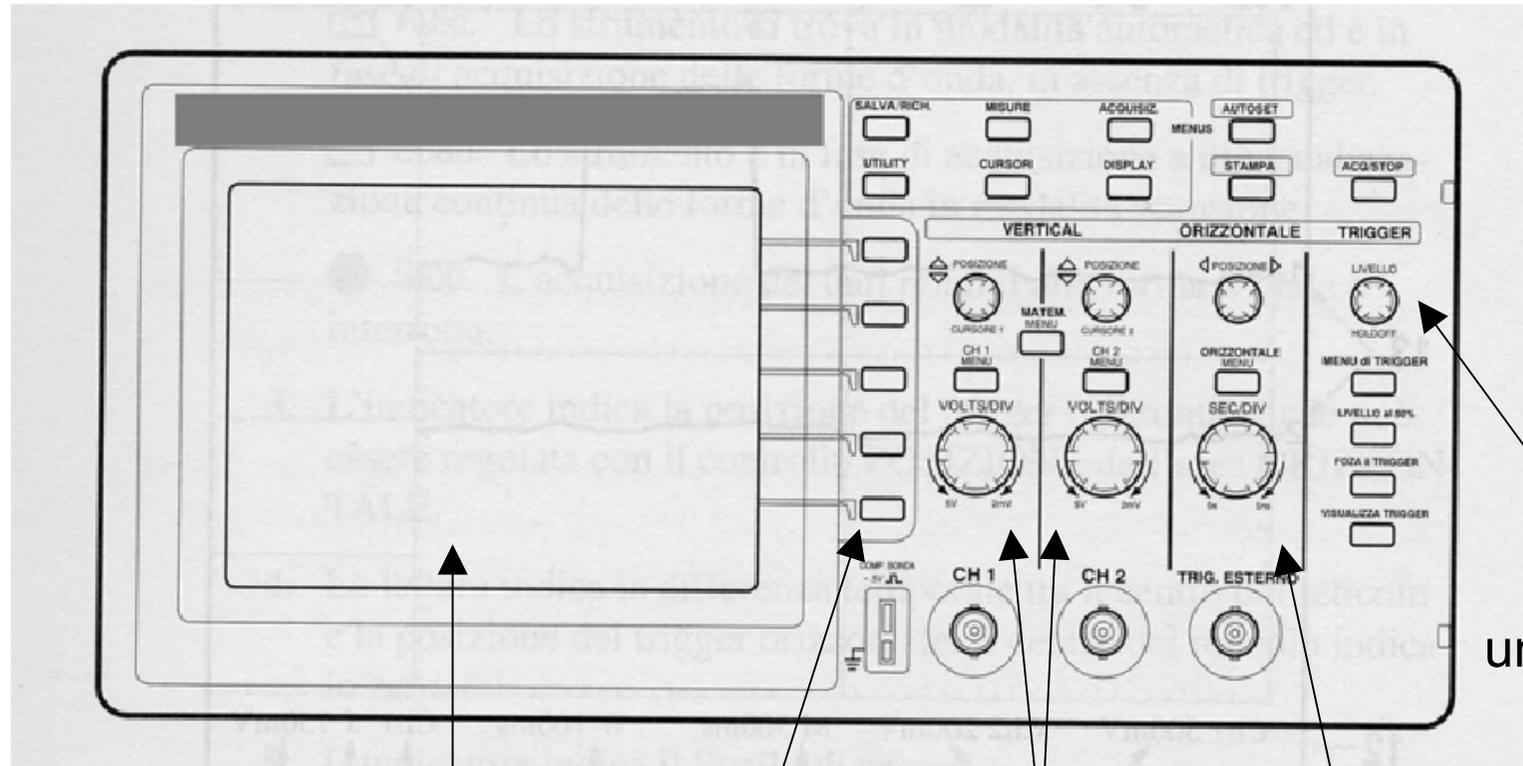
Nell'o. analogico la tensione comanda la deflessione del fascio d'elettroni in un tubo a raggi catodici (*vector scan*).

- dà una traccia continua
- non permette l'elaborazione numerica del segnale

Nell'o. digitale la tensione è convertita in valori numerici, poi rappresentati su uno schermo tipo monitor (*raster scan*).

- dà una traccia formata da punti discreti (eventualmente interpolati)
- permette l'elaborazione numerica del segnale

# PANNELLO FRONTALE DI UN OSCILLOSCOPIO



schermo

menù buttons

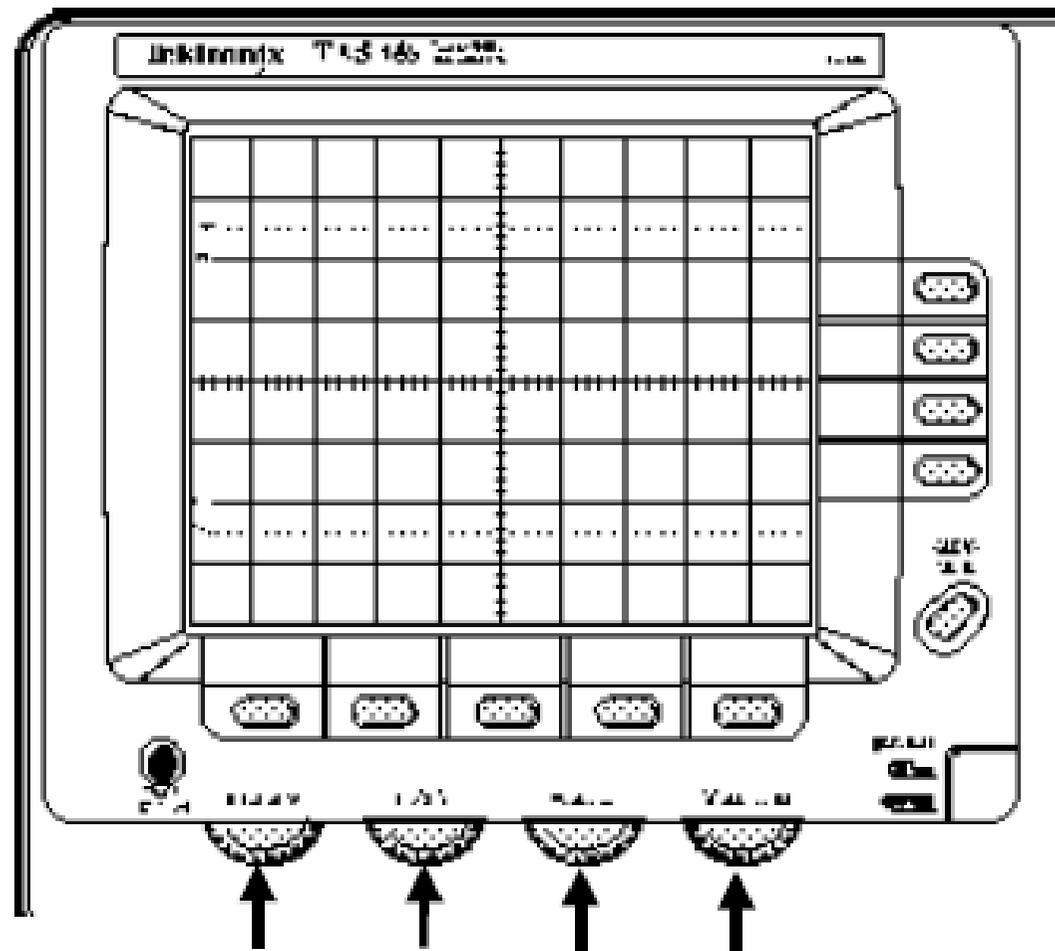
sezioni verticali

una sezione  
orizzontale

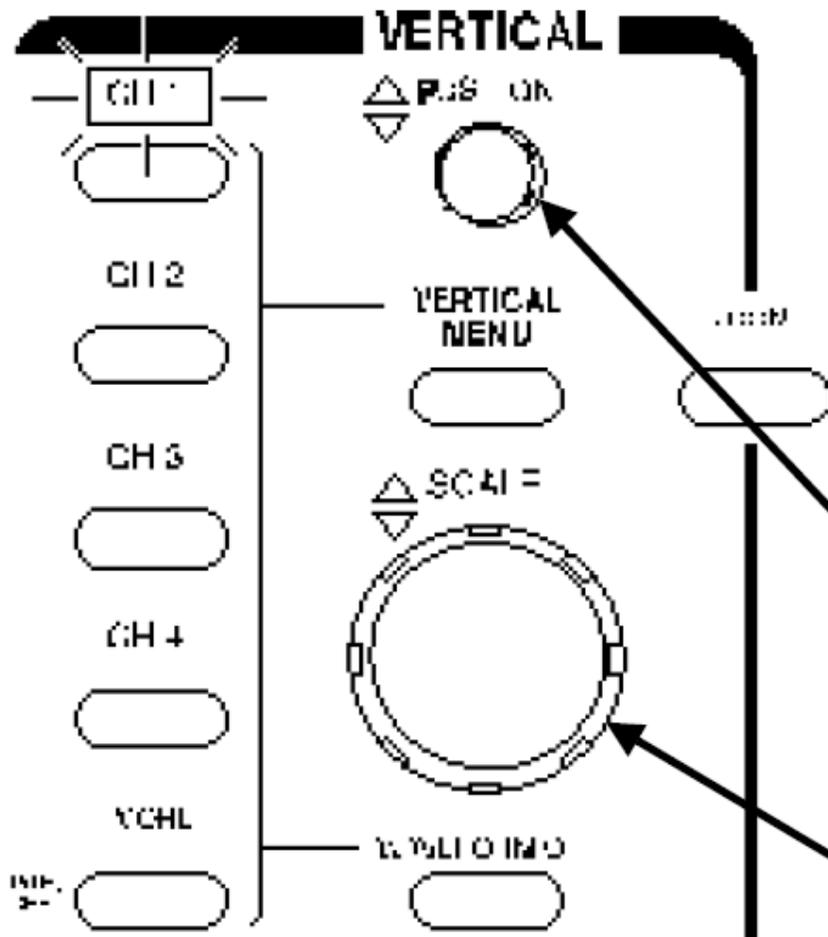
una sezione di  
trigger

## LO SCHERMO

Lo schermo è dotato di una griglia fatta (sempre) di 10 divisioni orizzontali e 8 divisioni verticali.



## LE SEZIONI VERTICALI (1)



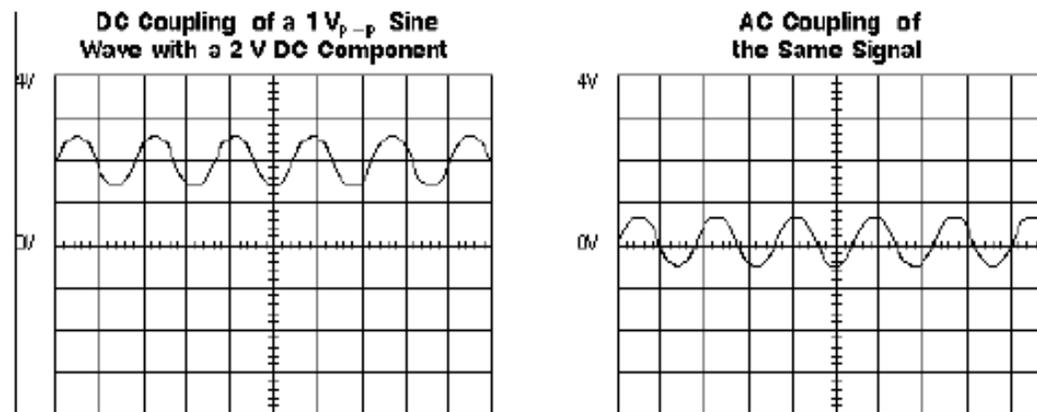
ci sono tante sezioni verticali quanti sono i canali dell'oscilloscopio (almeno due)

position, per regolare la posizione verticale (offset) della traccia sullo schermo;

volt/div, per regolare il “guadagno verticale” (vertical gain, vertical sensitivity).

## LE SEZIONI VERTICALI (2)

La sezione verticale comprende, poi, il controllo per l'accoppiamento (*coupling*) del bipolo sotto misura con lo strumento



- DC: accoppiamento in continua, viene visualizzata sia la componente continua sia la componente alternata del segnale (bipolo collegato direttamente all'oscilloscopio)
- AC: accoppiamento in alternata, la componente continua del segnale viene rimossa (il segnale ai capi del bipolo è filtrato da un passa-alto)
- GND: il bipolo è scollegato dall'oscilloscopio, a cui è applicata una tensione nulla

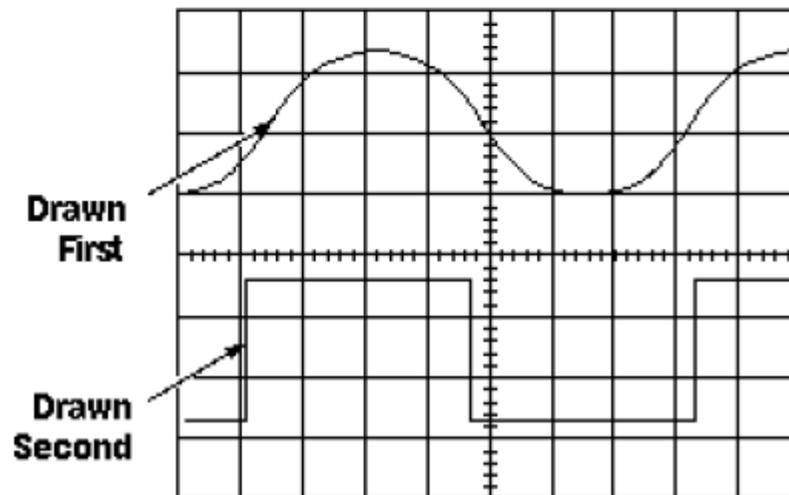
**Inoltre, è possibile filtrare l'ingresso con un passa basso (Bandwidth limit) per ridurre il rumore ad alta frequenza**

## LE SEZIONI VERTICALI (3)

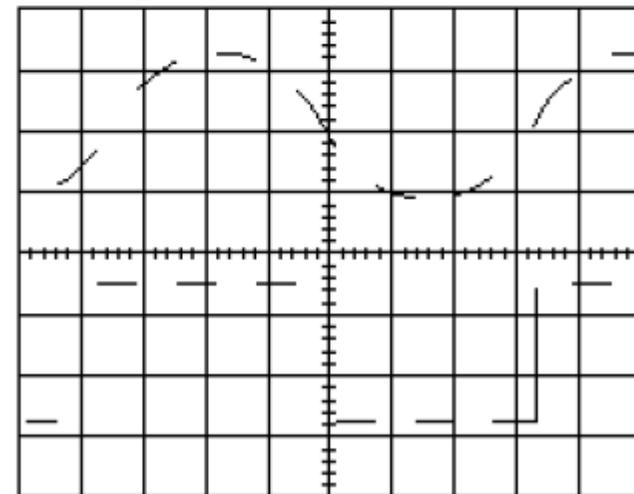
Nella sezione verticale troviamo anche il controllo per visualizzare più canali simultaneamente.

Oltre a scegliere quali canali visualizzare (can. 1, can. 2, canali 1 e 2, ecc.), possiamo scegliere tra due modalità di visualizzazione simultanea: alternate e chop. (oscilloscopio analogico)

**Alternate Mode:  
Channel 1 and Channel 2 Drawn  
Alternately**

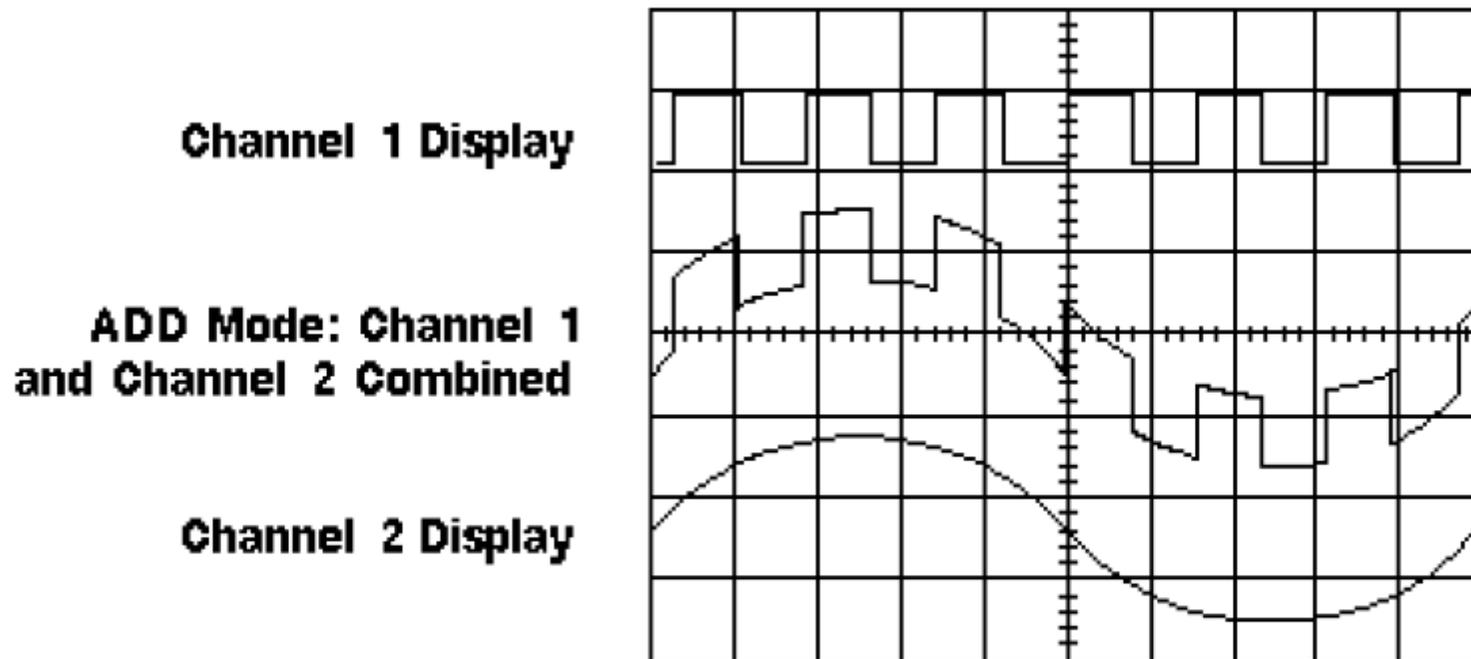


**Chop Mode:  
Segments of Channel 1 and  
Channel 2 Drawn Alternately**



## LE SEZIONI VERTICALI (4)

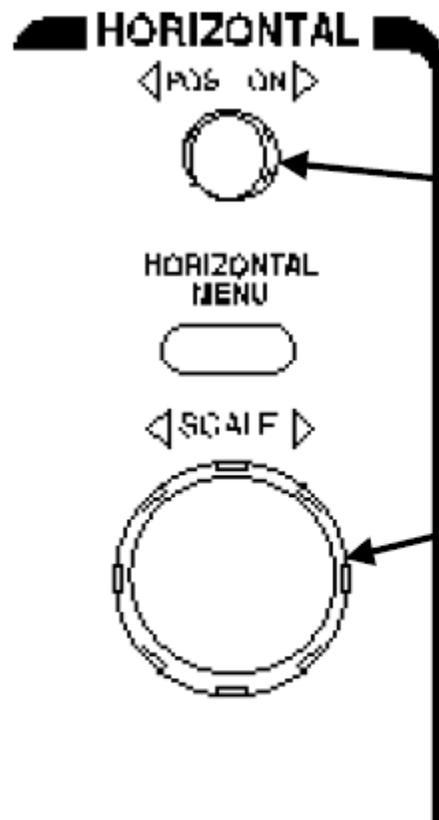
Infine, è spesso possibile (anche su oscilloscopi analogici) visualizzare la forma d'onda somma o differenza di due canali.



Gli oscilloscopi digitali permettono di visualizzare manipolazioni matematiche del segnale anche molto più complesse (moltiplicazione, divisione, integrazione, derivazione, FFT, ecc.)

## LA SEZIONE ORIZZONTALE (1)

La sezione orizzontale è unica.  
I due controlli principali sono:



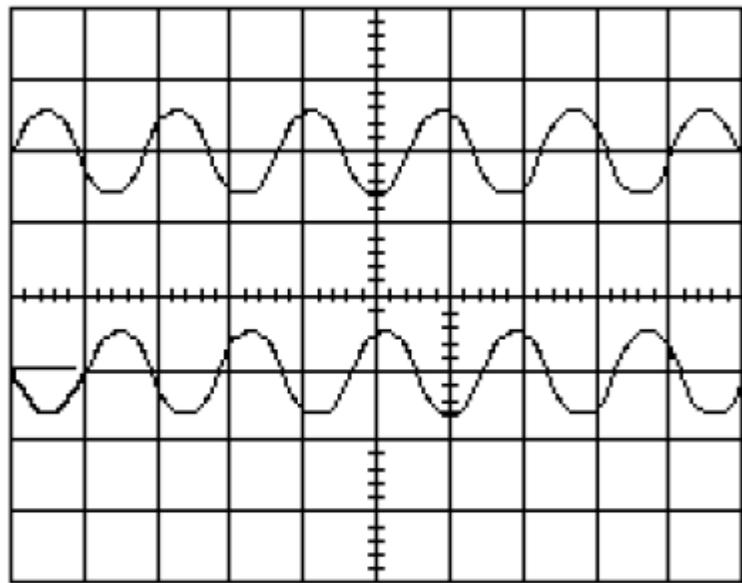
- *x position*, per regolare la posizione orizzontale della traccia sullo schermo;

- *time/div*, per regolare la velocità della base dei tempi o “tempo di spazzolamento” (*timebase*, *sweep time*).

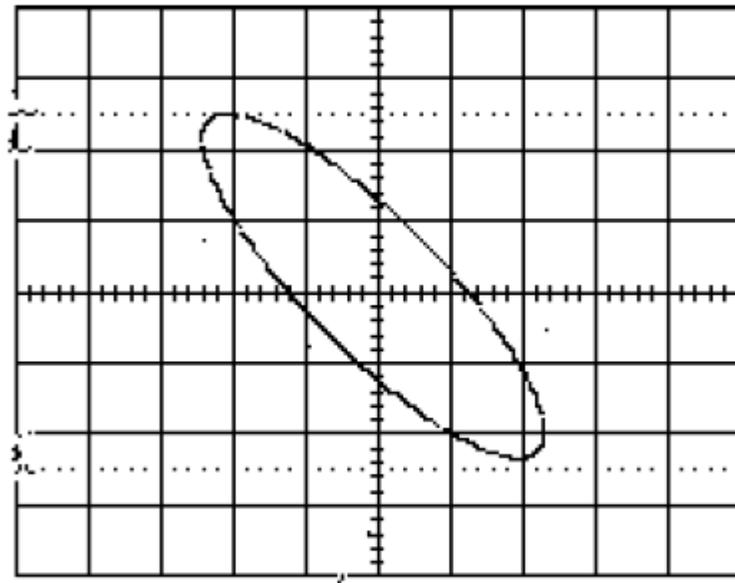
**Attenzione:** spesso, se sullo schermo vediamo una forma d'onda inaspettata o irriconoscibile, la causa è una regolazione grossolanamente errata di volt/div o time/div.

## LA SEZIONE ORIZZONTALE (2)

Un altro importante controllo della sezione orizzontale è quello che permette di passare dalla visualizzazione in “modo normale” a quella in “modo XY”.



*modo normale*



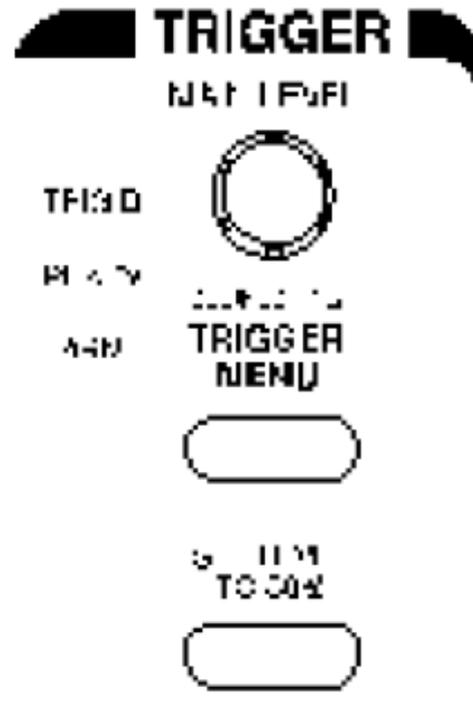
*modo XY*

In modo XY l'oscilloscopio visualizza la curva di equazione

$$x=x(t)$$

$y=y(t)$  essendo  $x(t)$  e  $y(t)$  i segnali all'ingresso dei canali 1 e 2

## LA SEZIONE TRIGGER (1)



L'uso della sezione trigger è meno intuitivo ma molto importante.

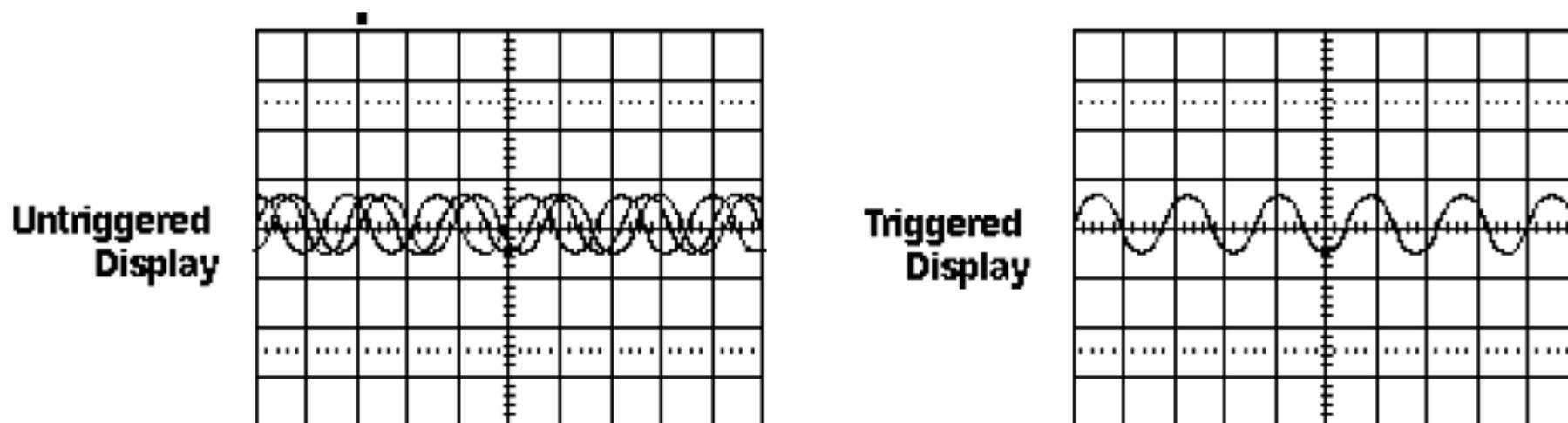
Una corretta impostazione del trigger è indispensabile:

- per ottenere un'immagine stabile sullo schermo;
- per visualizzare il segnale nel modo voluto e più utile.

## LA SEZIONE TRIGGER (2)

Per ottenere una traccia stabile sullo schermo, è necessario

- che il segnale di ingresso sia periodico
- che esso sia tracciato a partire sempre dalla stessa “fase”, cioè partendo sempre dallo stesso istante rispetto all’inizio di un periodo

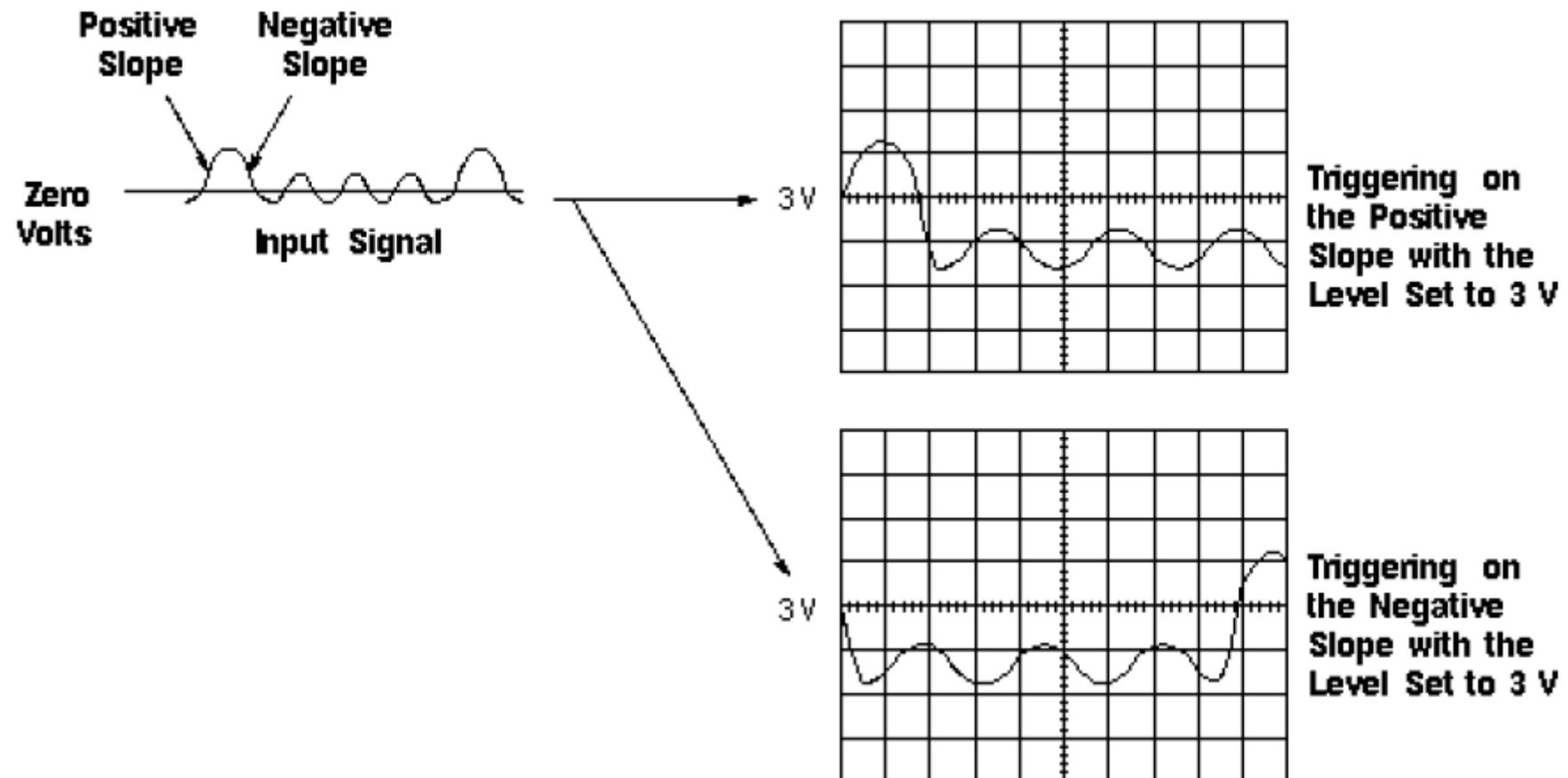


Quindi nella sezione trigger sono presenti due controlli:

- **trigger level**: che seleziona il valore della forma d'onda da cui iniziare la scansione
- **trigger slope**: che stabilisce su quale fronte (di salita o di discesa) triggerare la forma d'onda

## LA SEZIONE TRIGGER (3)

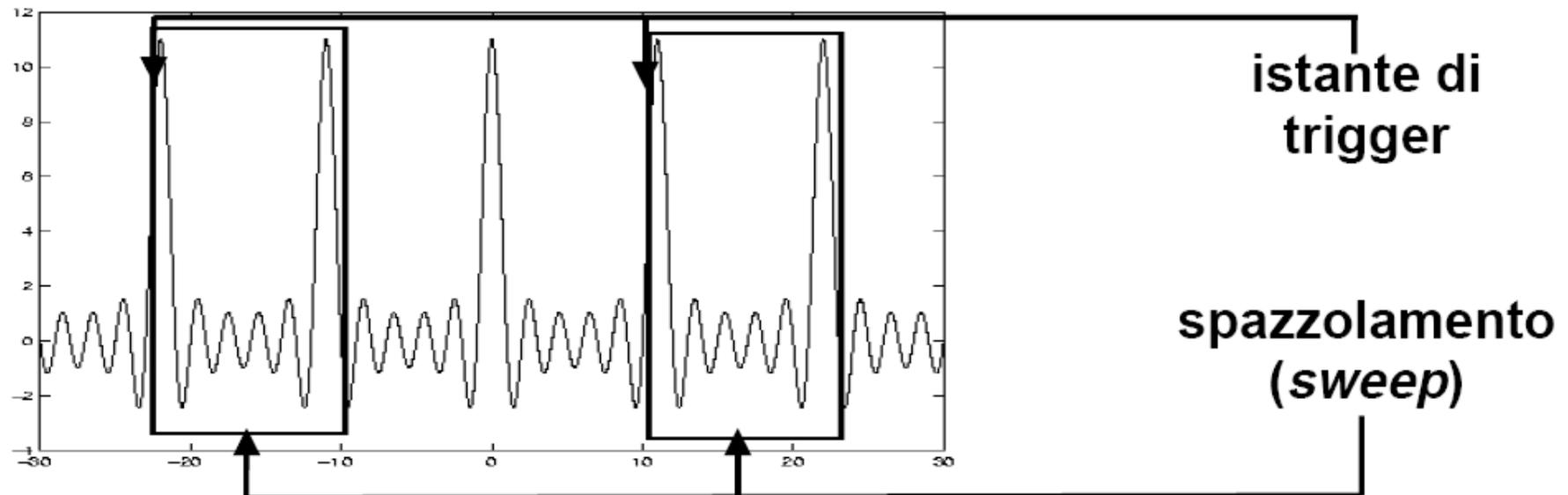
L'istante di trigger è quello in cui il segnale raggiunge un certo valore (*trigger level*) con pendenza di segno fissato (*trigger slope*)



## LA SEZIONE TRIGGER (4)

Attenzione! In generale:

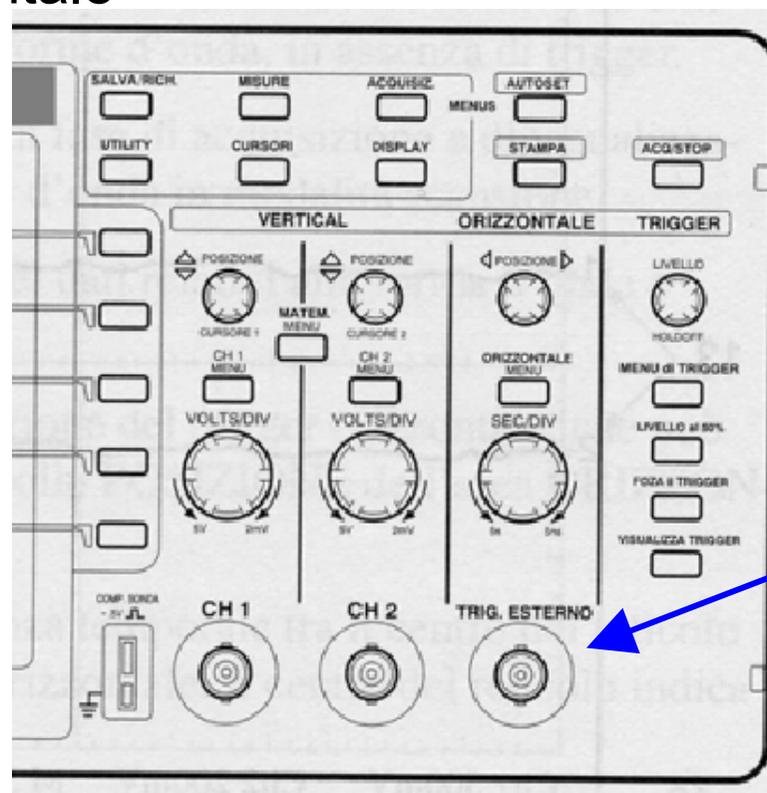
- lo spazzolamento NON dura un numero intero di periodi (la durata è stabilita dalla manopola time/div);
- il segnale NON è visualizzato senza interruzioni, ma sono “saltati” pezzi anche molto lunghi rispetto allo spazzolamento.



## LA SEZIONE TRIGGER (5)

Altri controlli presenti nella sezione trigger:

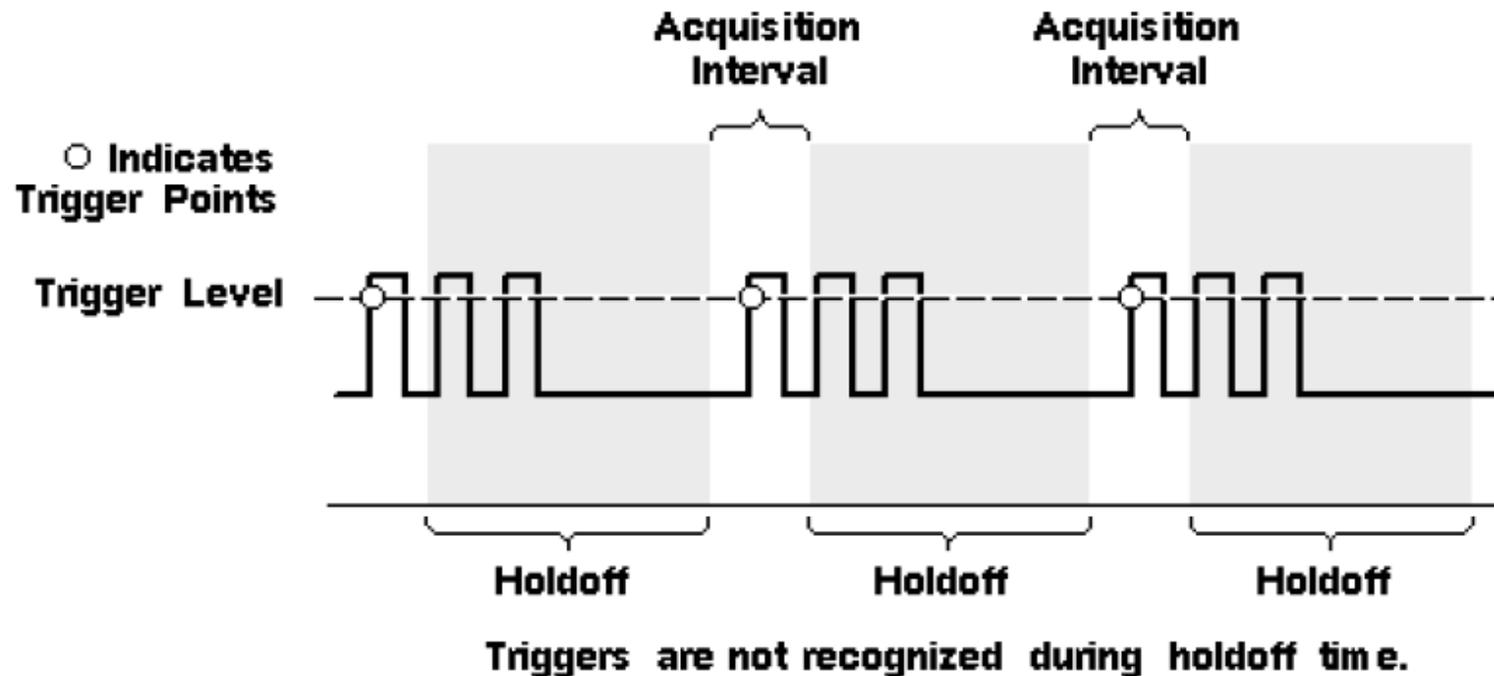
- **trigger source**: che seleziona la sorgente del trigger. Gli oscilloscopi possono essere triggerati su uno dei canali, oppure possono ricevere il trigger da una sorgente esterna, in questo caso è previsto un ingresso di TRIGGER addizionale sul pannello frontale



ingresso per  
Trigger  
esterno

## LA SEZIONE TRIGGER (6)

- **holdoff**: permette di fissare un tempo, successivo allo spazzolamento, in cui il verificarsi della condizione di trigger è ignorato. La figura mostra un esempio del funzionamento dell'holdoff del trigger:



Grazie alla regolazione dell'holdoff, lo spazzolamento viene eseguito solo sul primo impulso di ogni sequenza di tre, ottenendo un'immagine stabile



## STRUMENTAZIONE NEL LABORATORIO DI ELETTRONICA

### OSCILLOSCOPI:

- Hewlett Packard HP54600A (digital scope 100 MHz, 2Ch)
- TekTronix TDS2012 (digital scope 100 MHz, 2Ch)

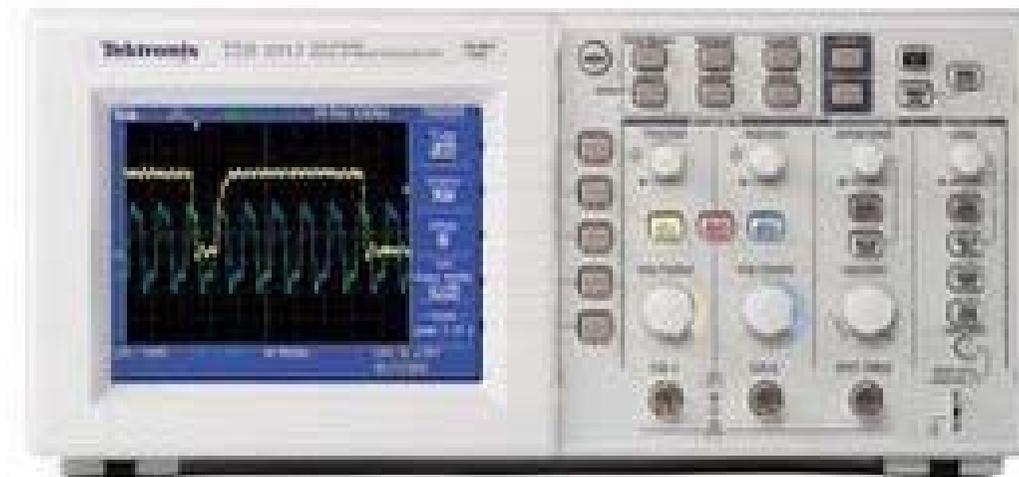
### GENERATORI DI FORMA D'ONDA:

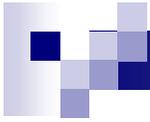
- Agilent 33220A (digitale, frequenze 0.1 mHz-20 MHz)
- Philips PM5139 (digitale, frequenze 0.1 mHz-20 MHz)

# OSCILLOSCOPIO HP 54600A



## OSCILLOSCOPIO TekTronix TDS2012





Alcuni dei controlli citati precedentemente potrebbero non essere disponibili sul pannello frontale degli oscilloscopi. Gli oscilloscopi digitali, infatti, possiedono dei menù funzionali (a cui è possibile accedere attraverso tasti posizionati sullo schermo) che includono i controlli sopra citati

## GENERATORE DI FUNZIONE PM 5139



quadra, sinusoidale, triangolare, dente di sega

## GENERATORE DI FUNZIONE Agilent 33220A

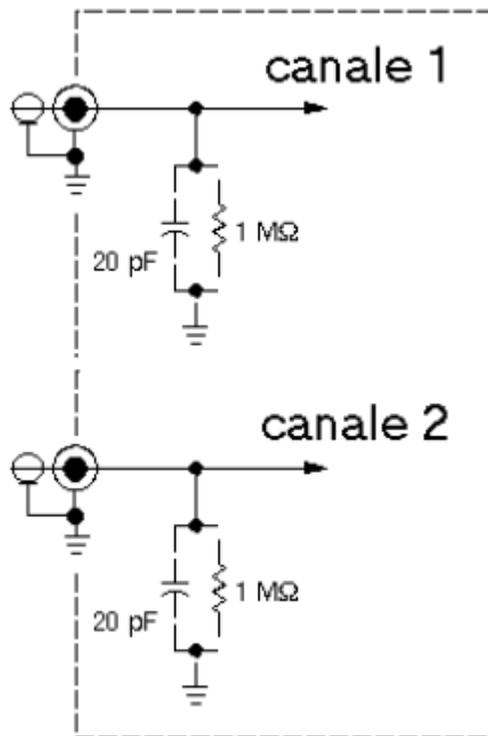


quadra, sinusoidale, triangolare, rampa,  
impulso, dente di sega

## Collegamento dell'oscilloscopio ai circuiti di prova

Il collegamento viene eseguito tramite cavi a due poli: uno “vivo”, dove passa il segnale, e uno di massa (o di riferimento, detto anche filo di ritorno del segnale) che avvolge completamente l'altro

Dal punto di vista elettrico gli ingressi dell'oscilloscopio sono normalmente di tipo grounded single-ended, vale a dire con filo di ritorno del segnale in comune e messo a terra.



Si deve sempre tenere presente che nel connettere l'oscilloscopio a un circuito si collegano insieme e si mettono a terra determinati punti.



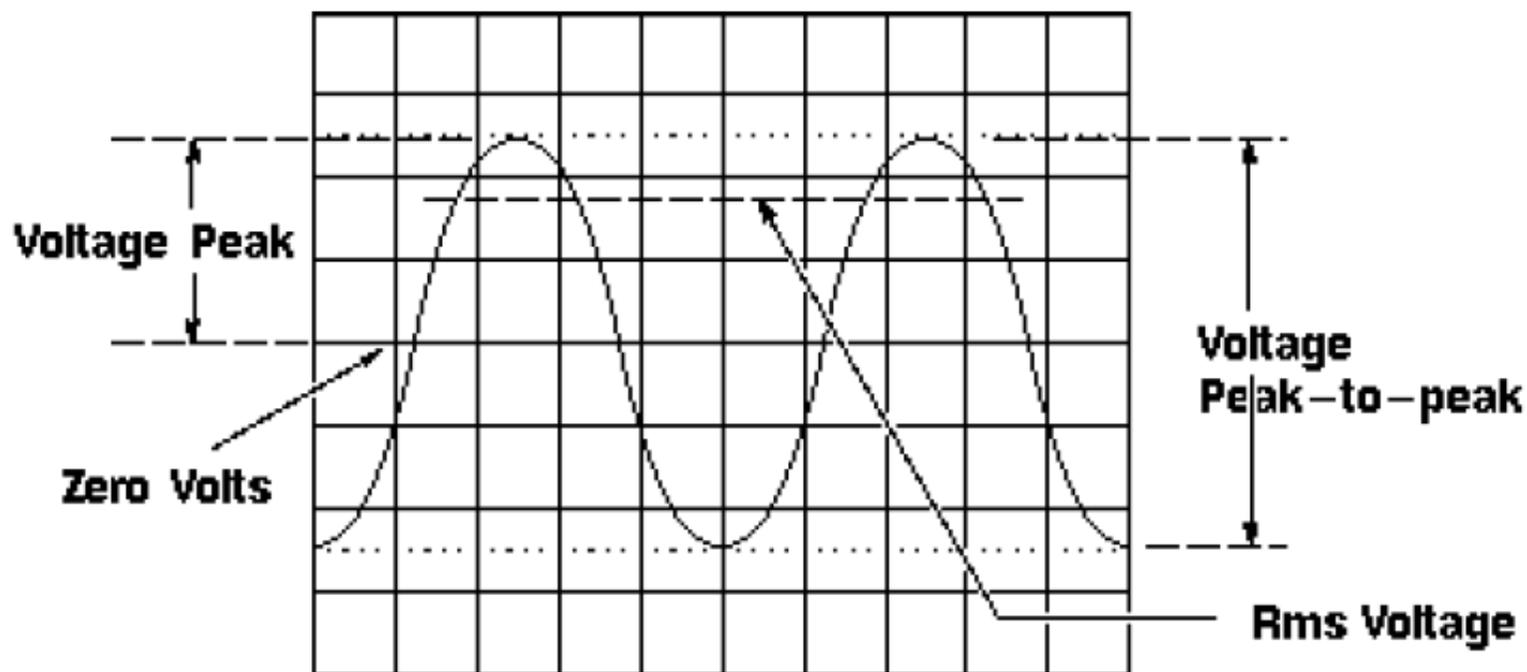
## MISURE FONDAMENTALI CON L'OSCILLOSCOPIO (1)

Gli oscilloscopi dispongono di cursori (sia orizzontali che verticali), molto utili per misure di ampiezza, frequenza, periodo e sfasamento

Gli oscilloscopi digitali, inoltre, permettono di effettuare automaticamente misure di frequenza, di tensione (ad es. ampiezza picco-picco, valore medio, massimo, minimo, ecc.), di tempo (ad es. periodo, duty cycle, width, tempo di salita, tempo di discesa, ecc.)

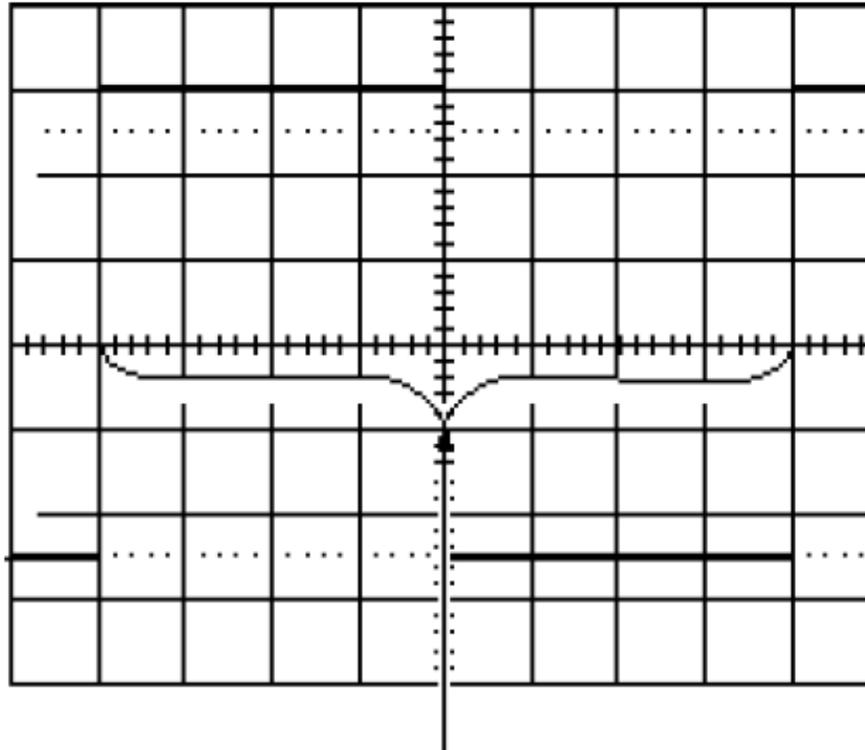
## MISURE FONDAMENTALI CON L'OSCILLOSCOPIO (2)

### 1) Misura di tensione di picco, tensione picco-picco



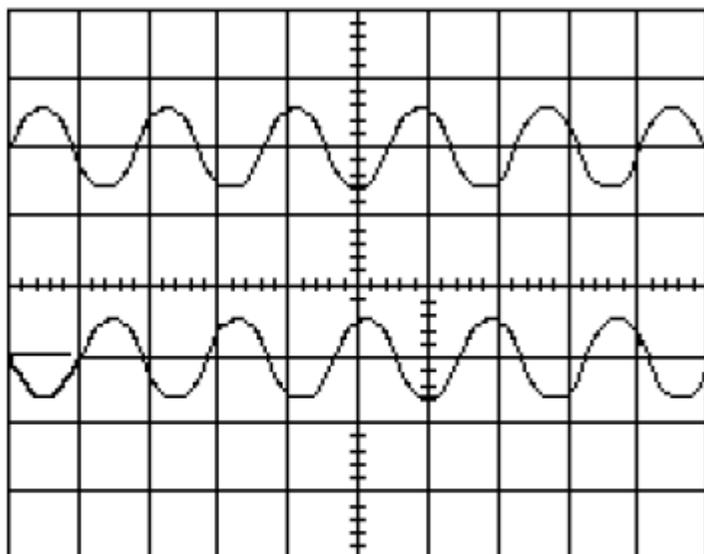
## MISURE FONDAMENTALI CON L'OSCILLOSCOPIO (3)

### 2) Misura di periodo (frequenza)

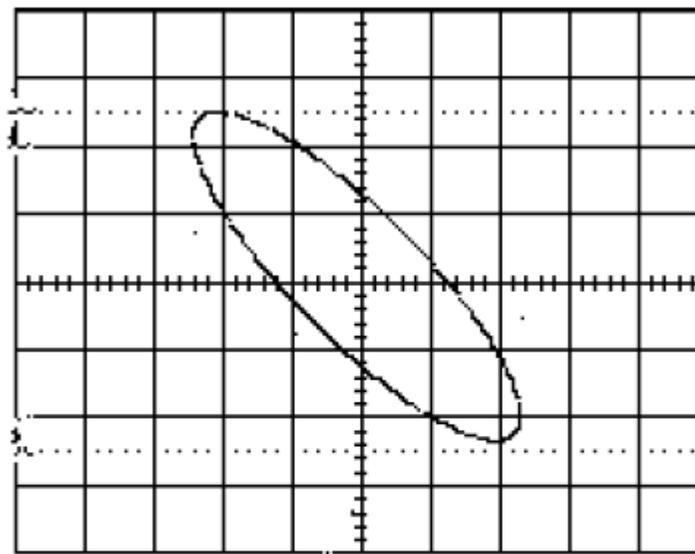


## MISURE FONDAMENTALI CON L'OSCILLOSCOPIO (4)

### 3) Misura di sfasamento tra segnali



*modo normale*



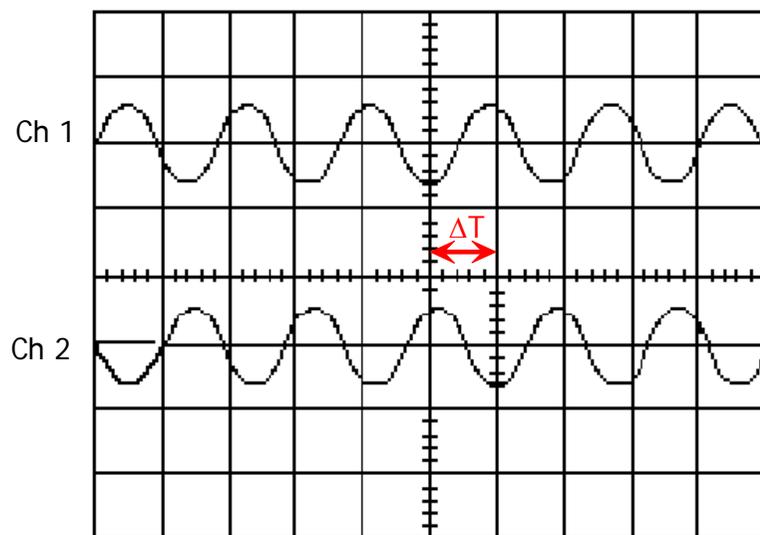
*modo XY*

In modo normale è possibile visualizzare e misurare lo sfasamento tra segnali isofrequenziali qualunque.

In modo XY è possibile misurare lo sfasamento tra due sinusoidi in base al rapporto tra altezza e intercetta all'origine dell'ellisse.

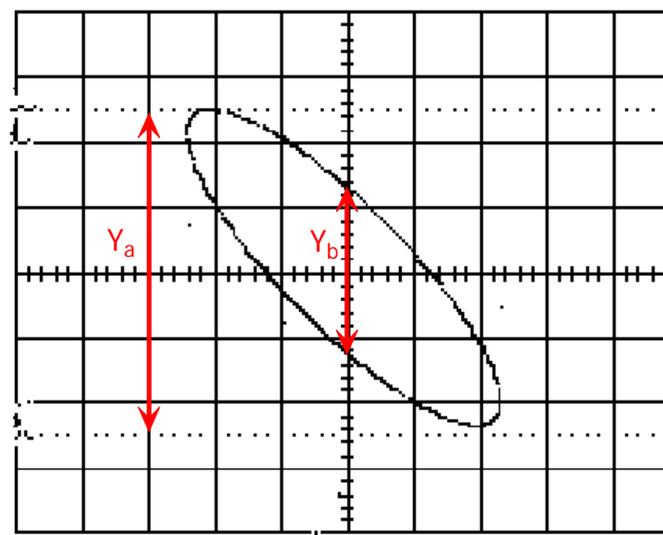
## MISURE FONDAMENTALI CON L'OSCILLOSCOPIO (5)

### 3) Misura di sfasamento tra segnali



*modo normale*

$$\phi \text{ (rad)} = \Delta T * 2 * \pi * \text{freq}$$



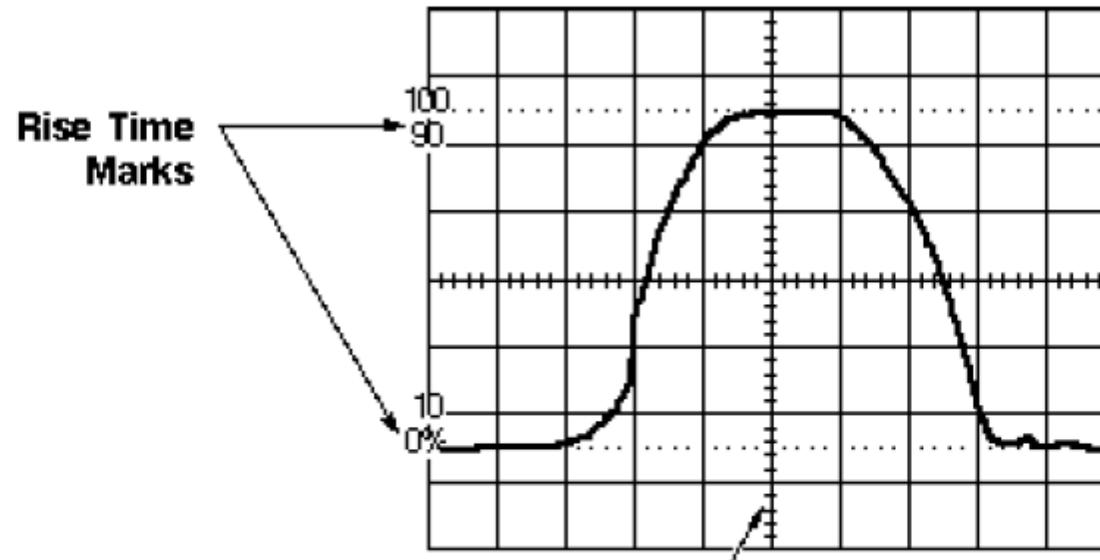
*modo XY*

$$\phi \text{ (rad)} = \arcsin(Y_b/Y_a)$$

La figura che si ottiene in modalità XY, **quando sui due canali sono presenti due segnali sinusoidali isofrequenziali**, prende il nome di **FIGURA DI LISSAJOUS**. Permette di determinare lo sfasamento tra i due segnali in base al rapporto tra l'intercetta con l'asse y e l'altezza dell'ellisse

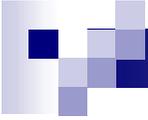
## MISURE FONDAMENTALI CON L'OSCILLOSCOPIO (6)

### 4) Misura dei parametri temporali di un impulso



I parametri tipici sono tempo di salita o discesa (tra 10% e 90%) e la durata dell'impulso (tra i punti al 50% dell'ampiezza).

Spesso l'oscilloscopio permette la regolazione fine del guadagno verticale, in modo da far coincidere la base e il tetto dell'impulso con dei marcatori prestampati sulla griglia.



# LE FIGURE DI LISSAJOUS

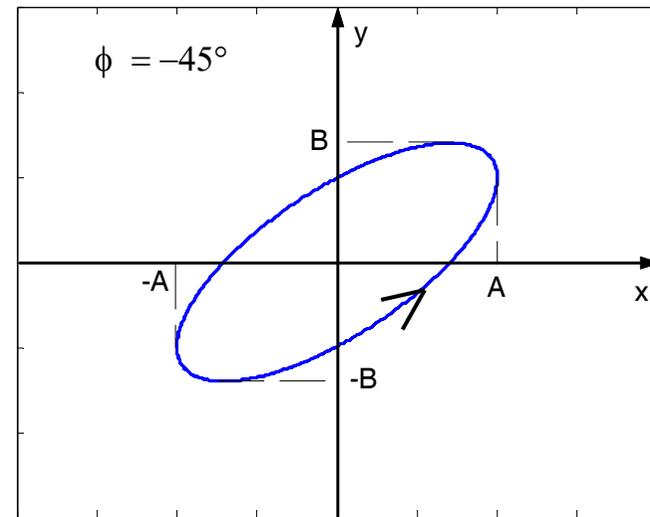
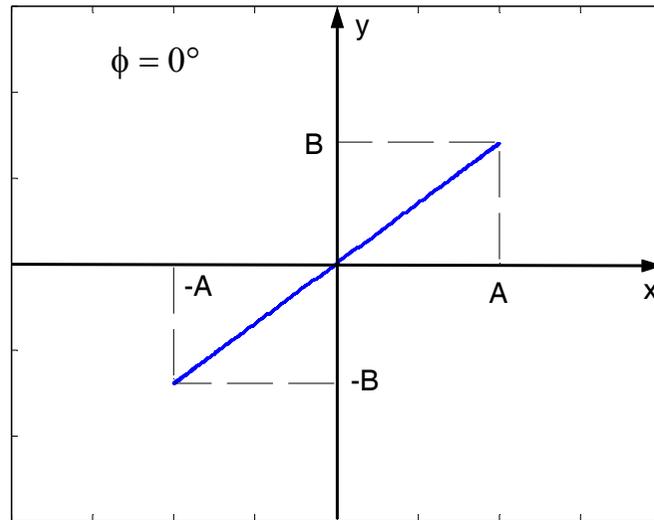
Un modo semplice ed efficace per analizzare lo sfasamento tra due segnali sinusoidali isofrequenziali è quello di considerare le figure di Lissajous

La più semplice figura di Lissajous è la curva di equazione:

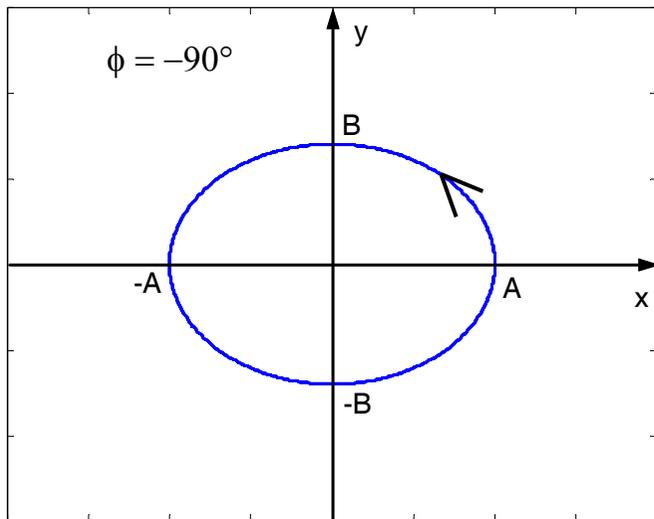
$$\begin{cases} x(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t) \\ y(t) = B \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) \end{cases}$$

dove la pulsazione  $\omega$  è la stessa per entrambe le sinusoidi. La curva si ottiene rappresentando sull'asse x la funzione  $A \cdot \sin(\omega t)$  e sull'asse y la funzione  $B \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ .

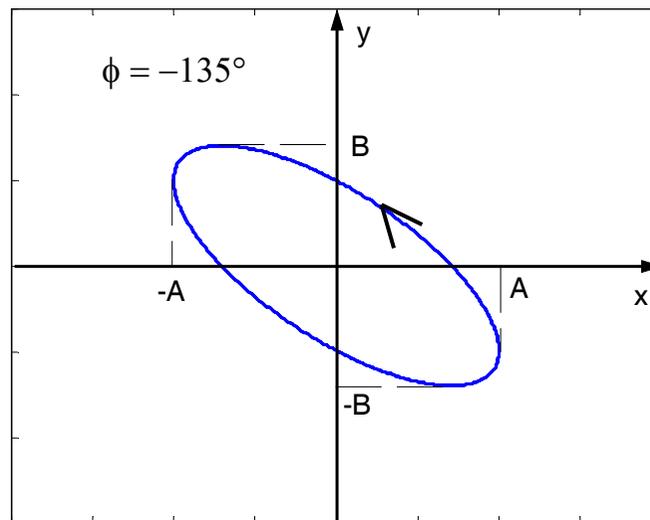
Figure di Lissajous per diversi valori dello sfasamento  $\phi$  tra le due sinusoidi:



(percorrenza antioraria)

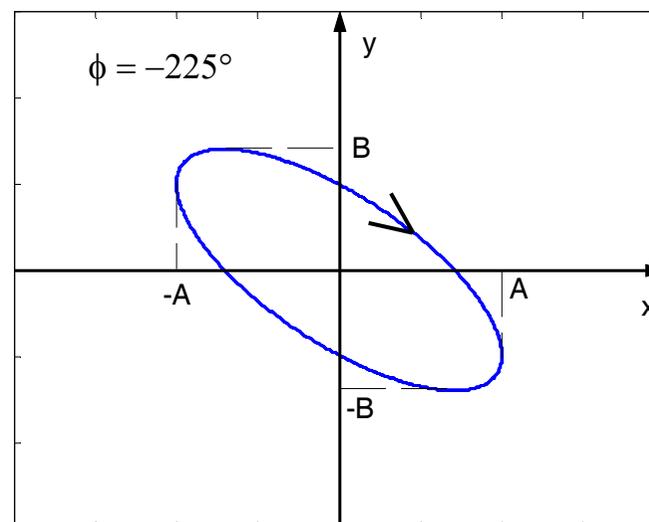
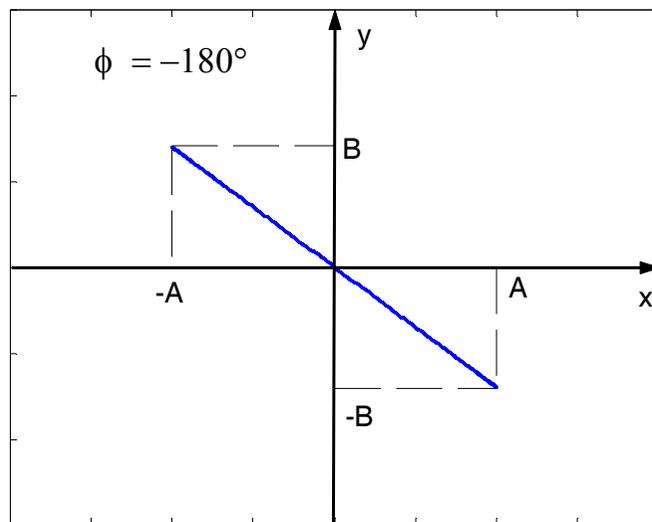


(percorrenza antioraria)

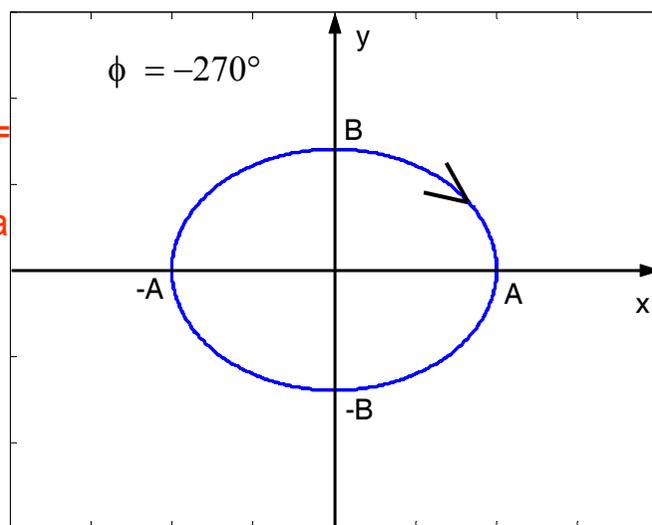


(percorrenza antioraria)

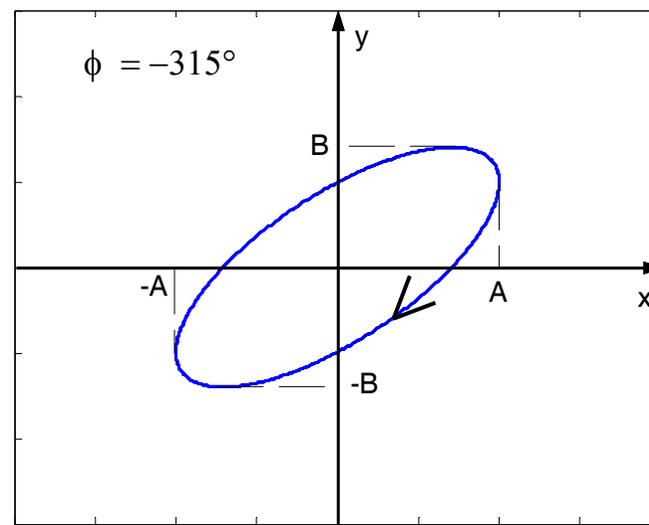
# Figure di Lissajous per diversi valori dello sfasamento $\phi$ tra le due sinusoidi:



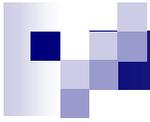
$\phi = 135^\circ = 360^\circ - 225^\circ$   
(percorrenza oraria)



$\phi = 90^\circ = 360^\circ - 270^\circ$   
(percorrenza oraria)



$\phi = 45^\circ = 360^\circ - 315^\circ$   
(percorrenza oraria)



Se le due sinusoidi hanno stessa ampiezza ( $A=B$ ):

- il segmento di retta per  $\varphi = 0$  giace sulla bisettrice del primo e del terzo quadrante
- il segmento di retta per  $\varphi = \pi$  giace sulla bisettrice del primo e del terzo quadrante
- per  $\varphi = \pi/2$  e per  $3\pi/2$  si ottiene una circonferenza

Determinazione dello sfasamento tra due sinusoidi usando la figura di Lissajous

l'altezza  $Y_a$  dell'ellisse è pari a  $2 \cdot B$ , mentre l'altezza  $Y_b$  del segmento sull'asse y avente per estremi le intercette è  $2 \cdot B \cdot \sin\phi$

$$\sin \phi = \frac{Y_b}{Y_a} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \phi = \arcsin\left(\frac{Y_b}{Y_a}\right)$$

