

## Oscilloscopio Analogico

Prof. Mario Luiso

Dipartimento di Ingegneria

Via Roma, 29 – 81031 Aversa (CE)

[mario.luiso@unicampania.it](mailto:mario.luiso@unicampania.it)

[www.ingegneria.unicampania.it](http://www.ingegneria.unicampania.it)

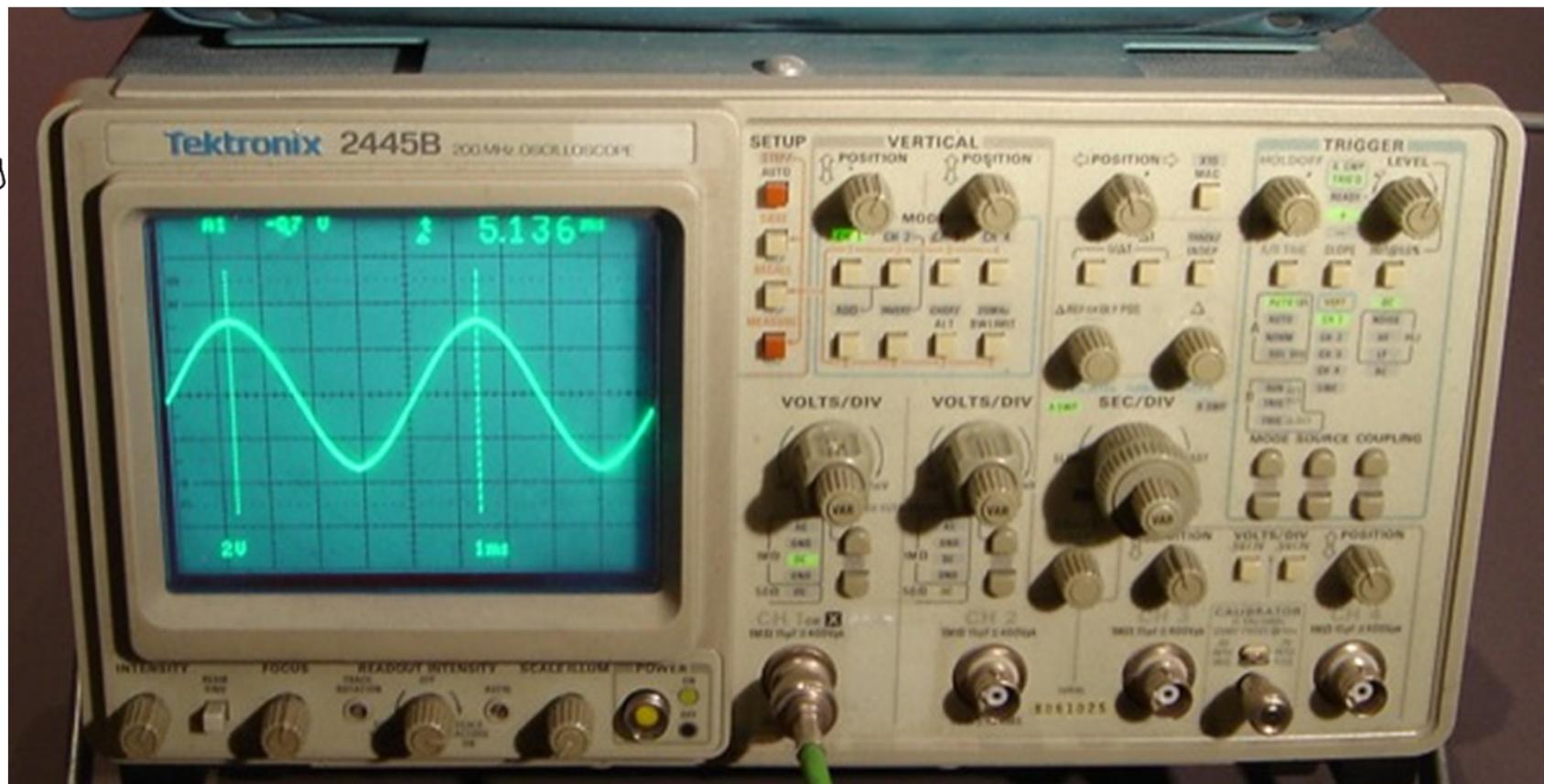
Non è un vero strumento di misura. Quello digitale ridesta su, perché campiona le forme d'onda.

2

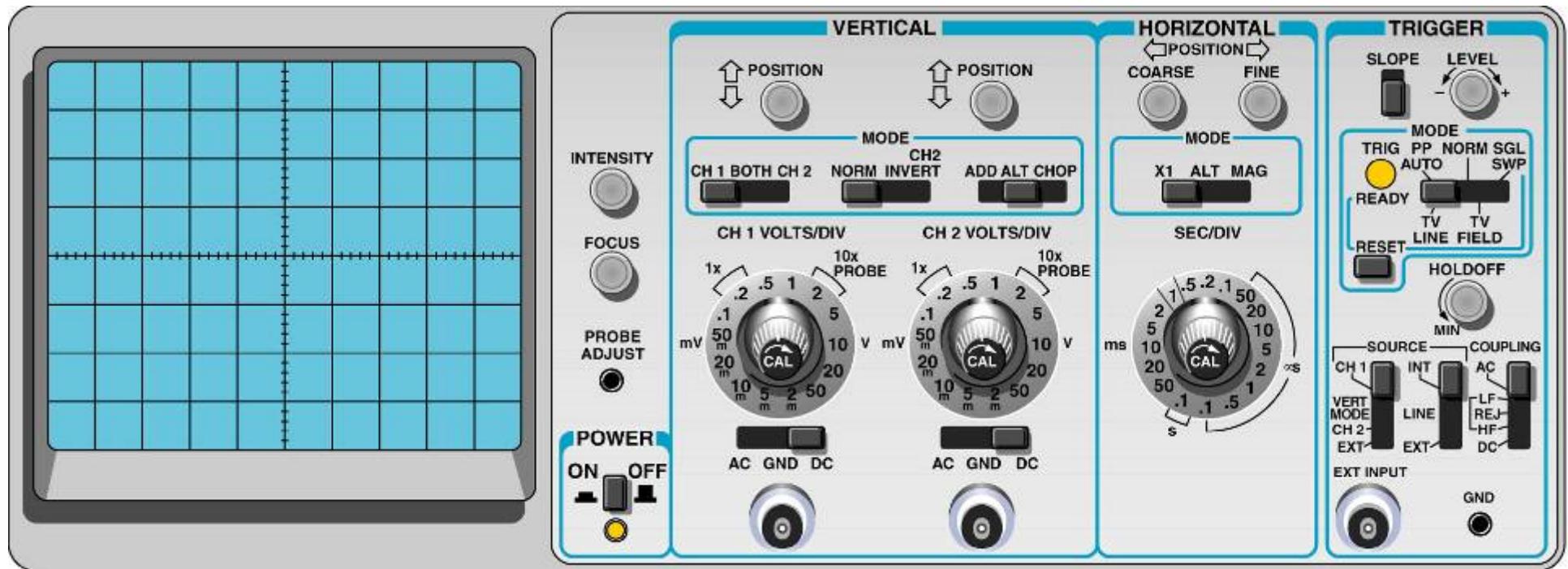
# Oscilloscopio analogico

Strumento di visualizzazione in cui la posizione di un punto luminoso su di uno schermo può essere spostata variando le sue coordinate ( $X, Y$ ) in base ai valori (più propriamente agli andamenti) di due tensioni  $V_x$  e  $V_y$ .

Sullo schermo  
vedo un grafico XY

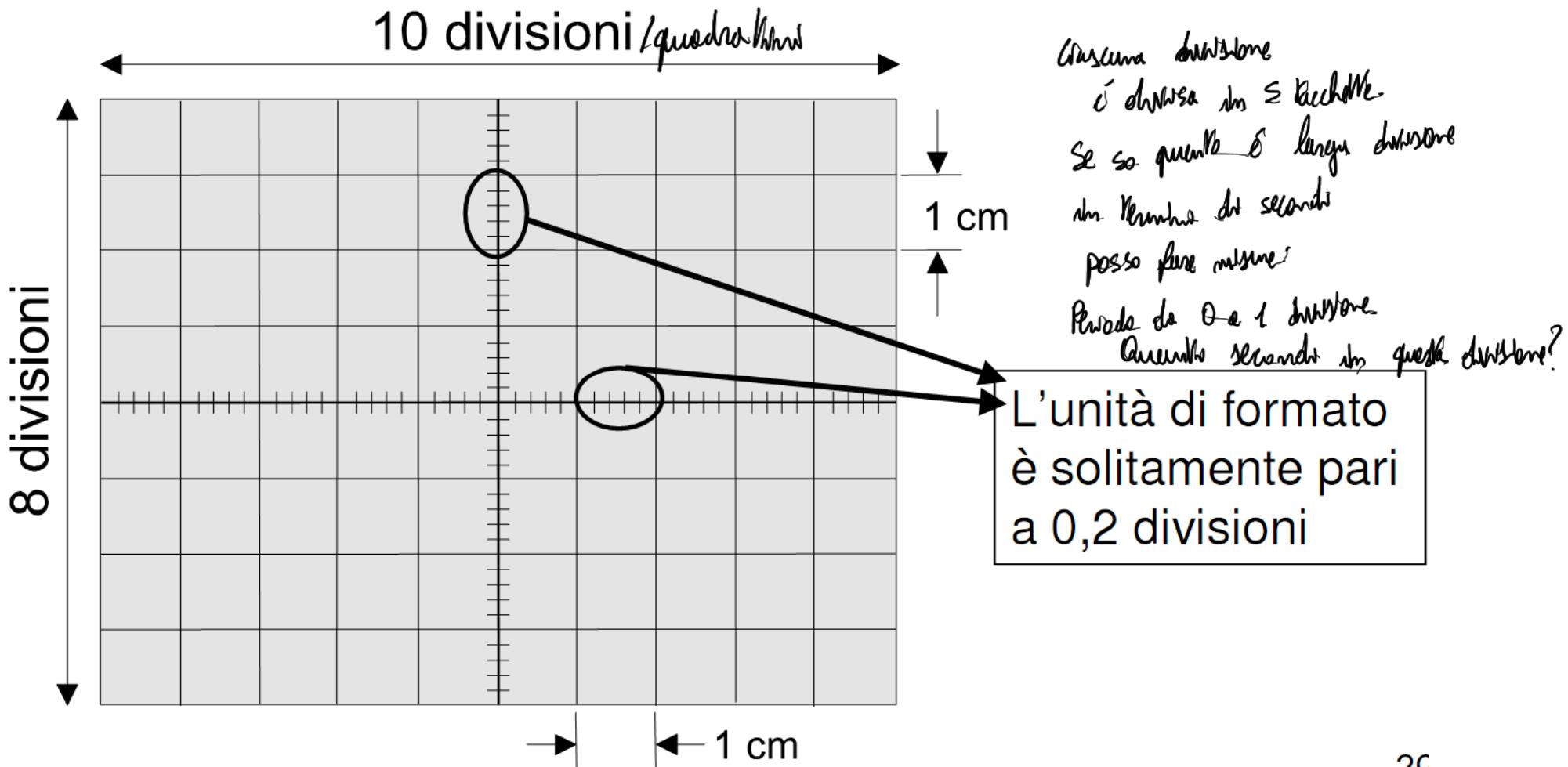


# Oscilloscopio analogico



# Schermo Oscilloscopio

Con un visualizzazione tempo-ampiezza posso effettuare delle misure se conosco il fattore moltiplicativo che lega le dimensioni spaziali (divisioni) e ampiezza o tempo (volt/div, s/div)



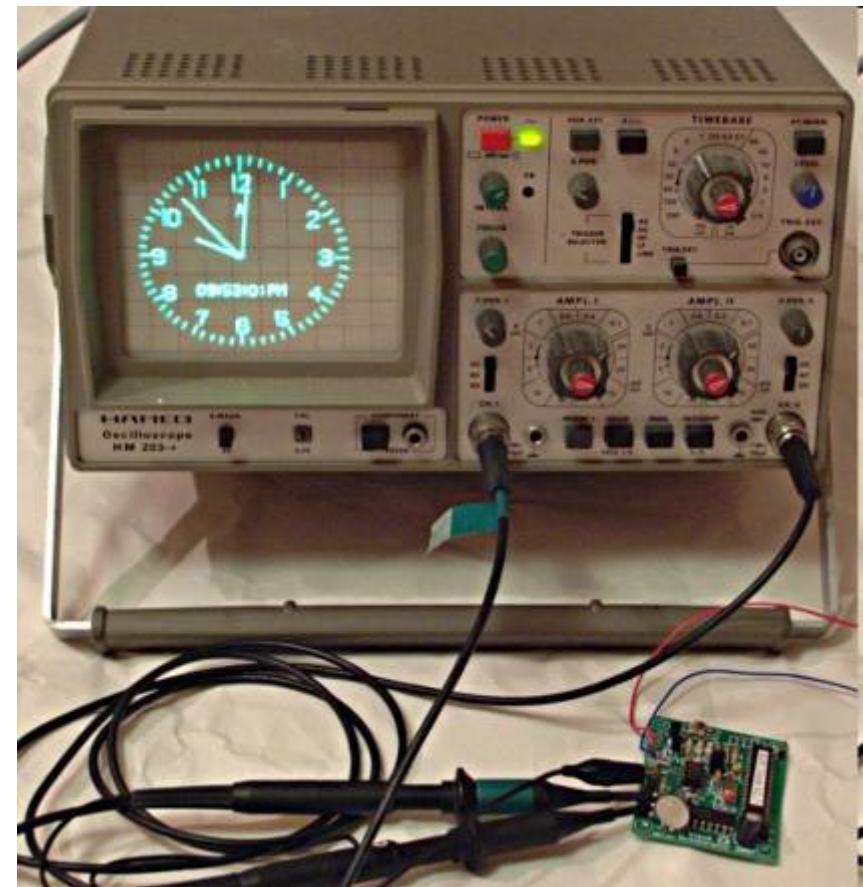
# Oscilloscopio analogico

## Fondamenti di visualizzazione

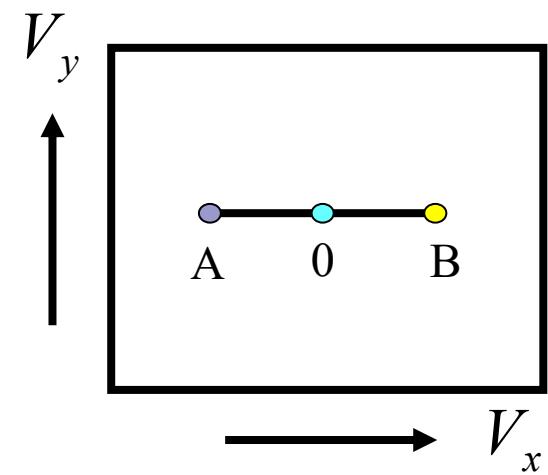
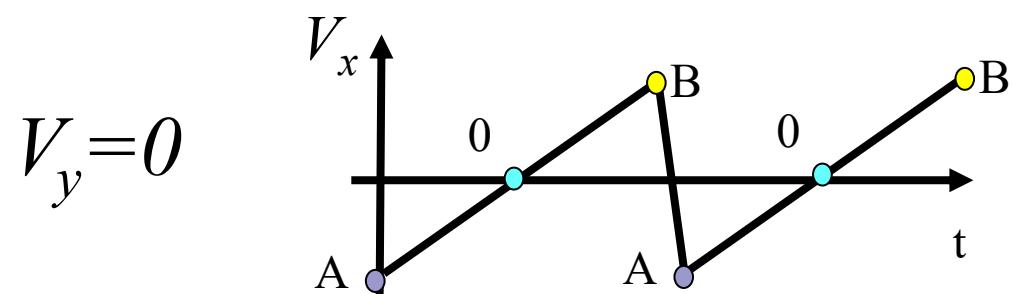
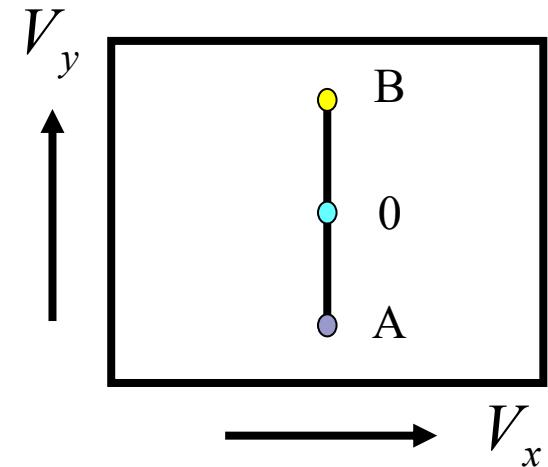
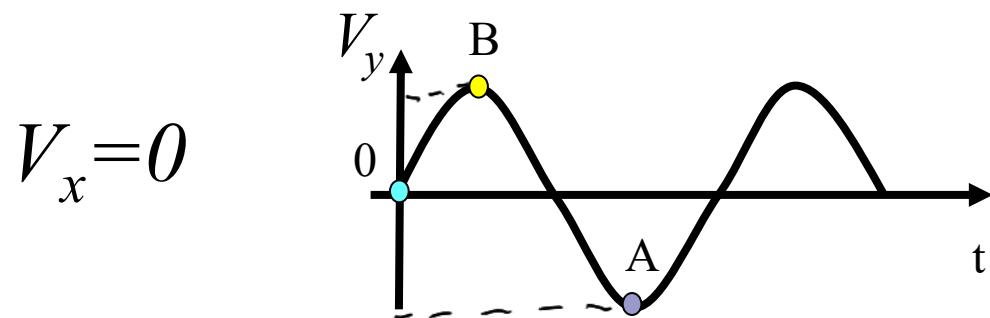
Date due generiche tensioni  $V_x(t)$  e  $V_y(t)$ , sullo schermo appare la curva parametrica:

$$\begin{cases} X = V_x(t) \\ Y = V_y(t) \end{cases}$$

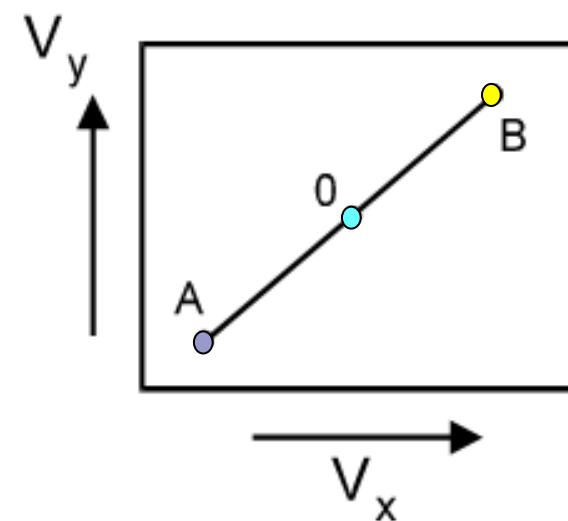
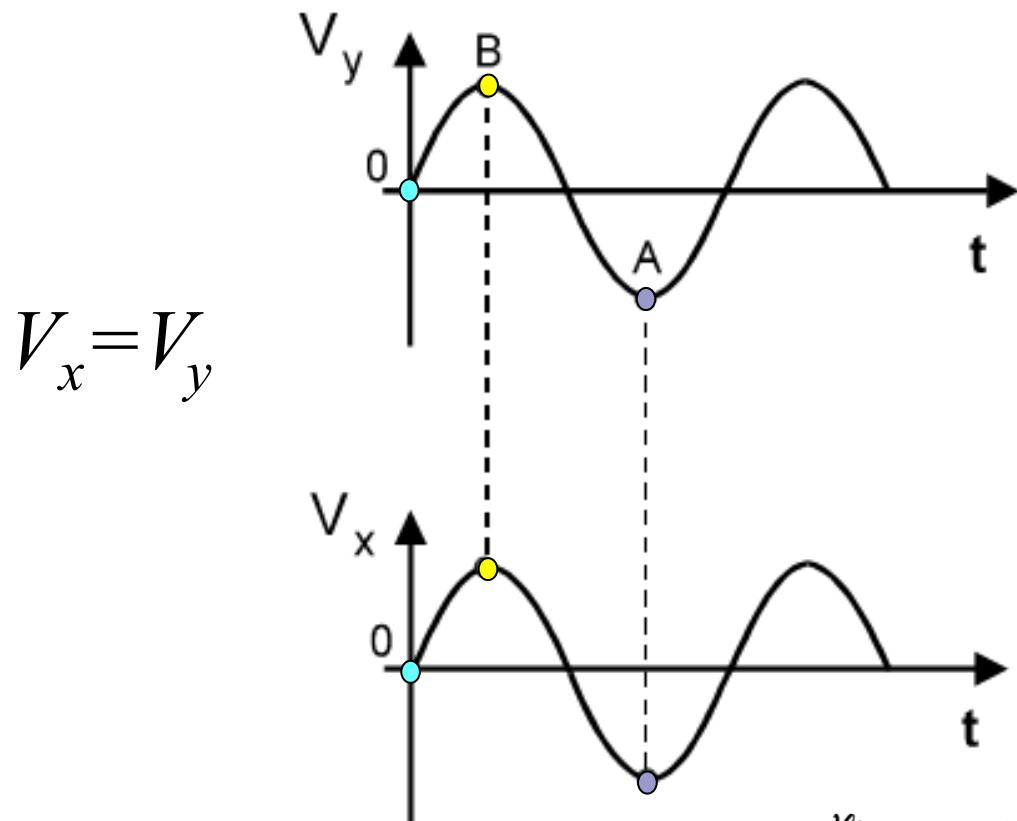
Pilotando opportunamente si può visualizzare di tutto.



# Esempi di visualizzazioni

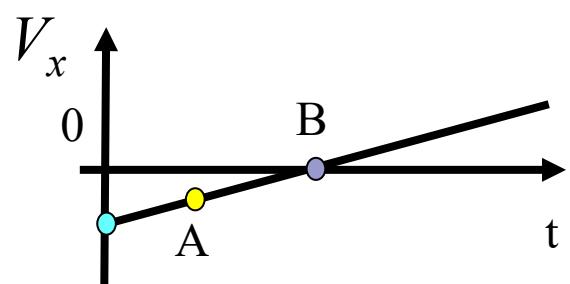
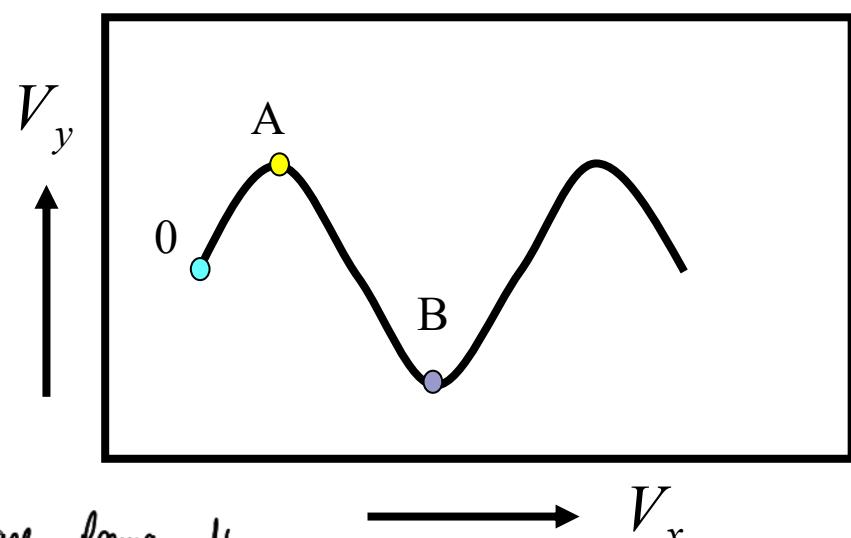
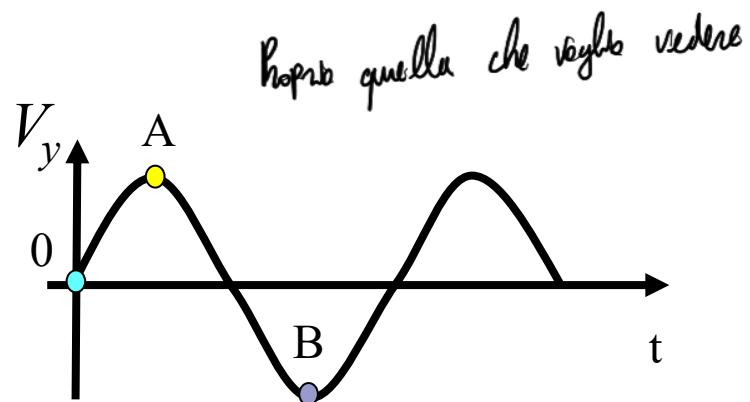


# Esempi di visualizzazioni



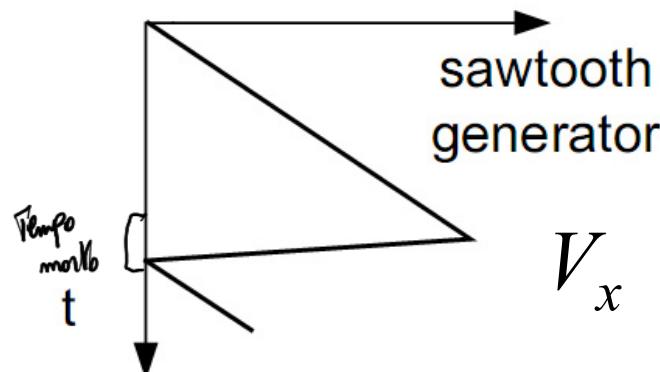
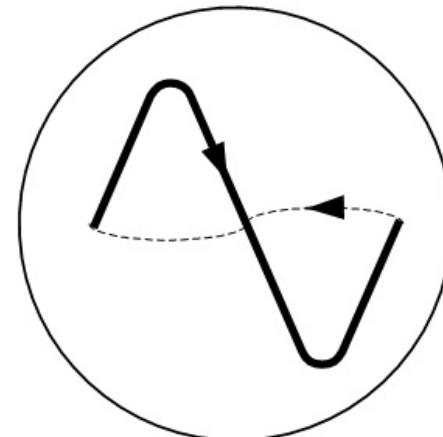
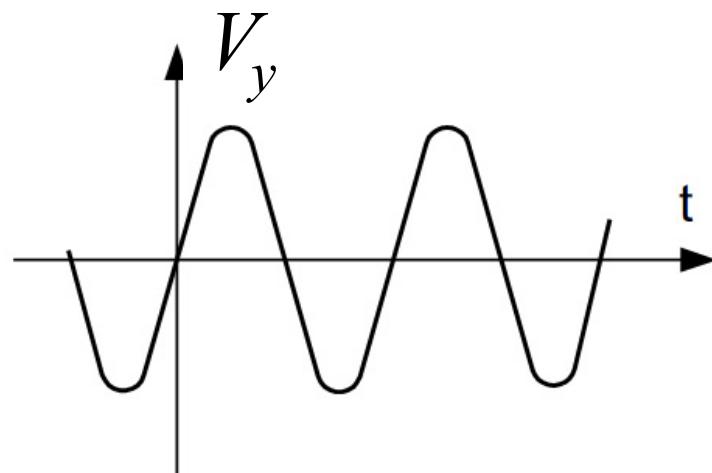
Due tensioni sinusoidali in generale non danno la  
bolla nera del 1<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> quadrante

# Esempi di visualizzazioni



*Note: Come farebbe a finire tornare al punto iniziale? Arrivato al valore max deve fermare al punto B. Allora uso un dato da segnare*

# Esempi di visualizzazioni



Il ritorno a sinistra avviene il più rapidamente possibile ma col “punto luminoso” spento

Sinistra  $\rightarrow$  destra  $\leq$  conveniente

# Modalità base tempi

Se la tensione  $V_x(t)$  ha un andamento linearmente dipendente dal tempo, si ottiene:

$$\begin{cases} X = V_x(t) = k \cdot t \\ Y = V_y(t) = V_{\text{in}} \end{cases}$$

Visualizzazione dell'andamento temporale di una forma d'onda

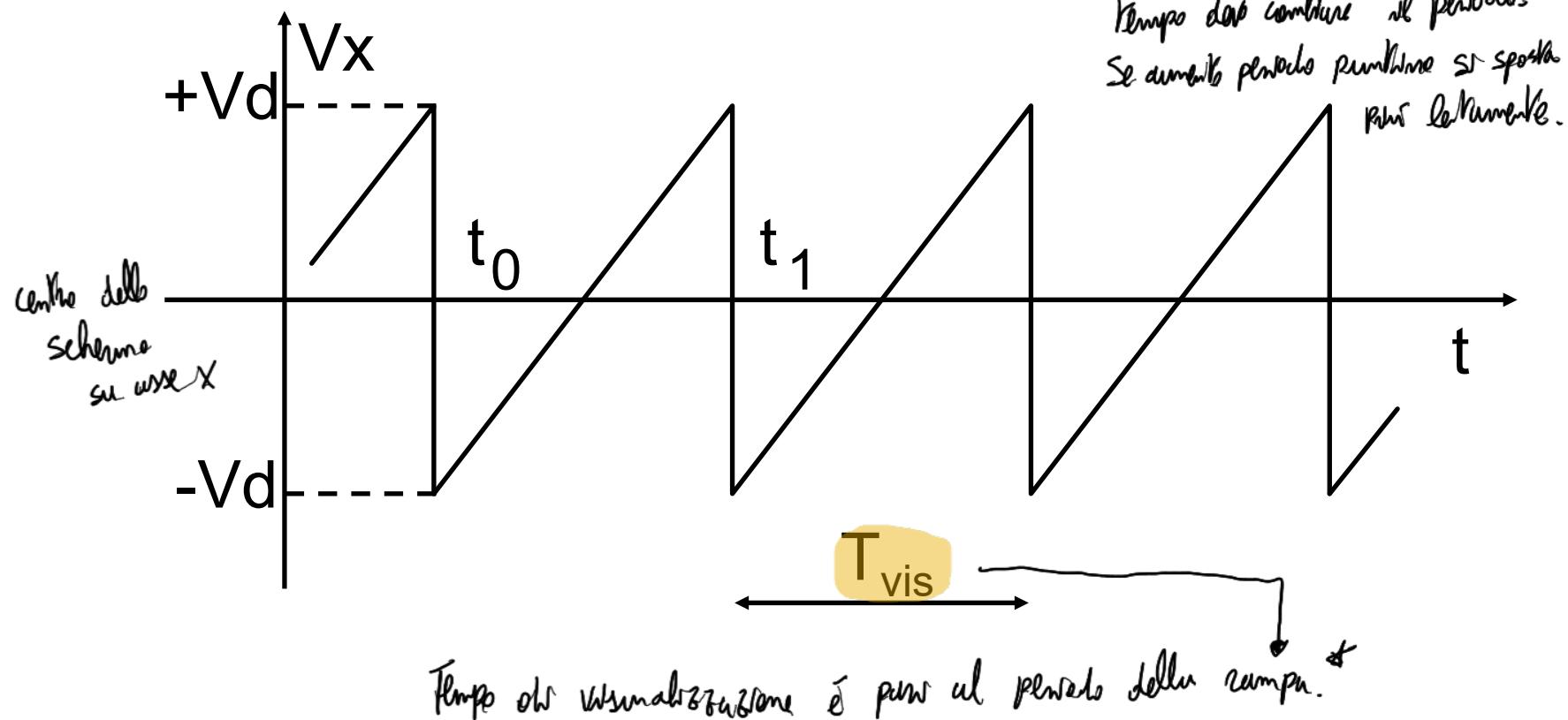
l'ascissa incrementa linearmente quindi l'asse x è tarato in tempo mentre l'ordinata segue l'andamento di  $V_{\text{in}}$  quindi è tarato in volt: sullo schermo viene visualizzato l'andamento della tensione in ingresso in funzione del tempo.

Per questa modalità  $V_x$  a rampa è normalmente generata all'interno dell'oscilloscopio

Per una grandezza fisica deve usare sensori che trasformano andamenti di grandezza in tensione. Non si può misurare direttamente se questa è troppo grande.

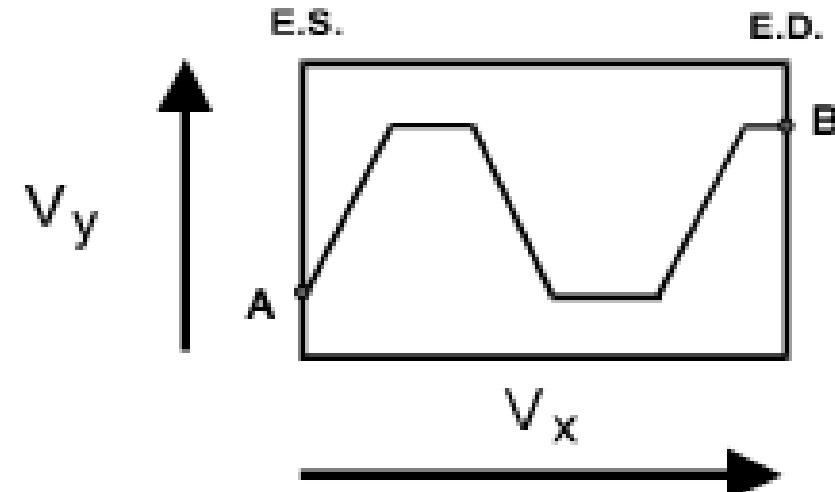
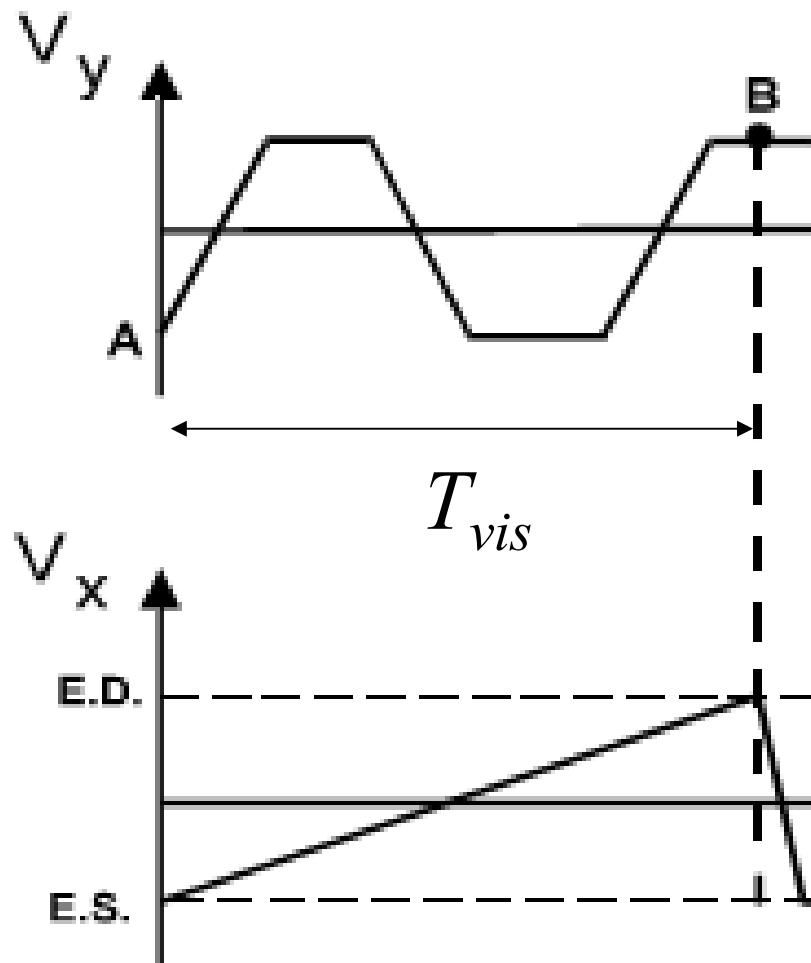
# Modalità base tempi

- $V_x = k \cdot t + q \Rightarrow \Delta x = k \cdot \Delta t$ : asse x tarato in tempo
- la tensione  $V_x$  deve variare linearmente con il tempo (tensione a rampa)
- Il tempo di salita della rampa  $T_{vis}$  è la porzione temporale visualizzata



Se cambia Vol, mantenendo periodo, allora cambia periodo ma anche portata di visualizzazione su schermo

# Modalità base dei tempi

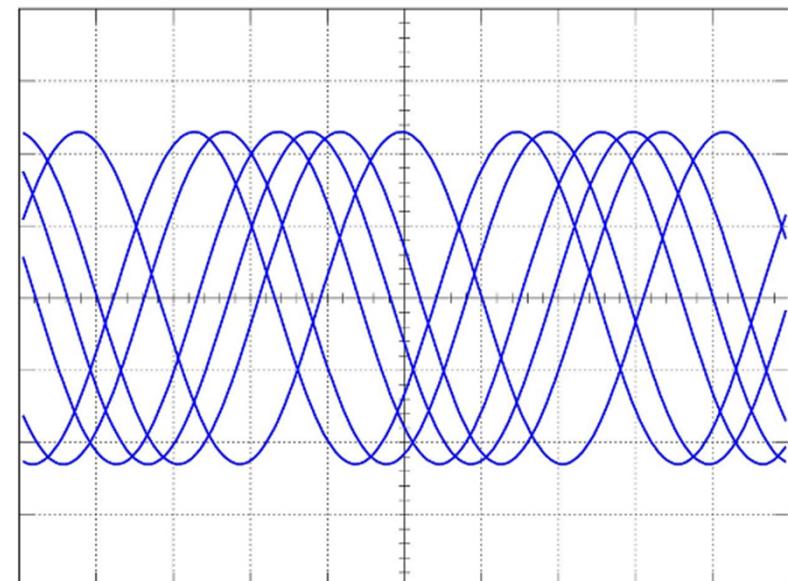
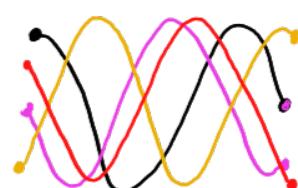
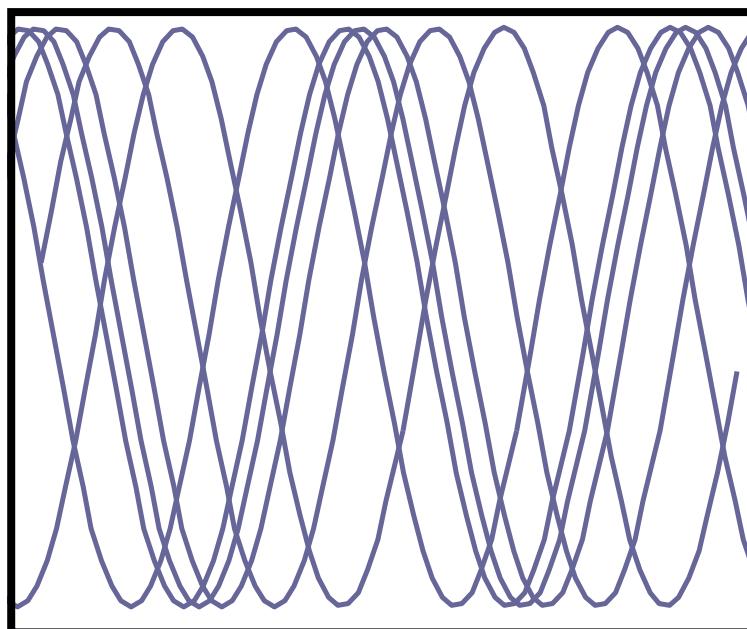


La porzione temporale di segnale visualizzato  $T_{vis}$  è pari al tempo che la rampa  $V_x$  impiega a passare dal valore minimo della tensione (posizione all'estrema sinistra dello schermo) al valore massimo della tensione (posizione all'estrema destra dello schermo).

Il ritorno all'estrema sinistra avviene il più rapidamente possibile ma col "punto luminoso" spento

# Deflessione orizzontale

Se la spazzolata di visualizzazione (la rampa  $V_x$ ) inizia in un istante casuale, sullo schermo vengono visualizzate porzioni di segnale diverse ad ogni spazzolata (durata costante ma con differenti punti d'inizio): la persistenza dell'immagine rende la visualizzazione inservibile.



- 1 VISUALIZZ.
- 2 VISUALIZZ.
- 3 VISUALIZZ.
- 4 VISUALIZZ.

Come risolve?

Segnale deve essere periodico nel tempo di visualizzazione: Periodo segnale = multiplo intero  
dell'onda Karyotole

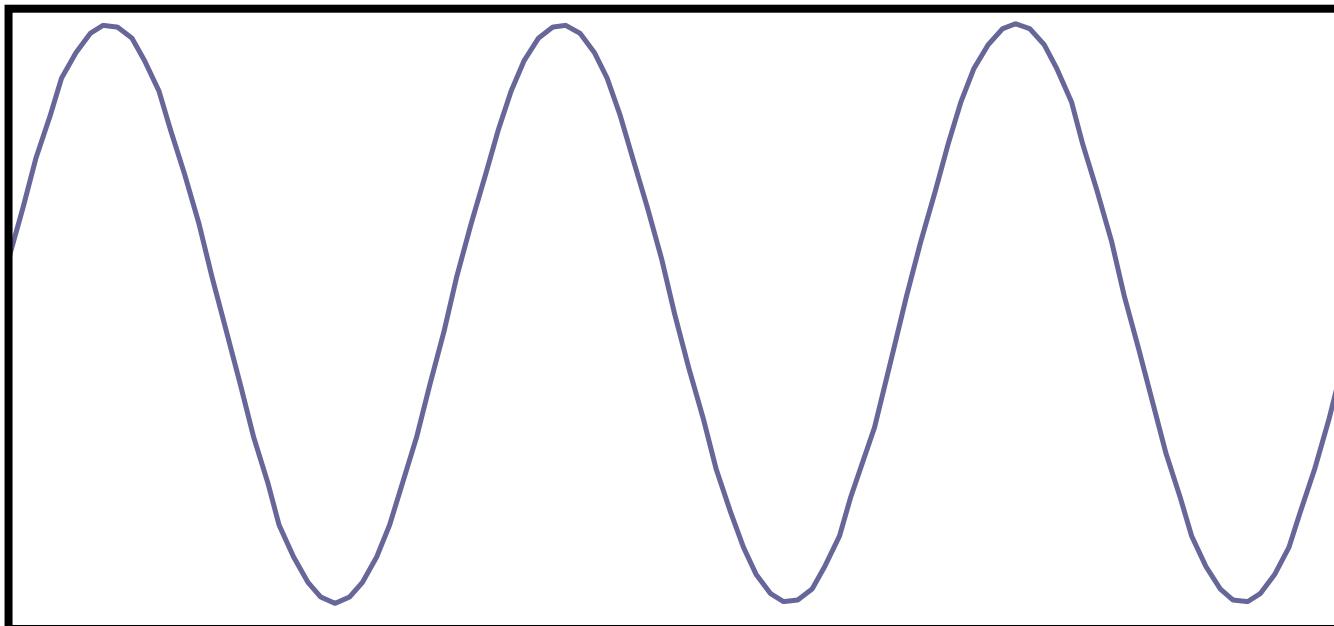
14

# Sincronizzazione (trigger)

La visualizzazione risulta stabile solo in due ipotesi

- Segnale d'ingresso è ripetitivo nella parte visualizzata
- Inizio delle visualizzazione “**sincronizzata**”

In questo caso il pennello luminoso ricalca ad ogni spazzolata la stessa forma d'onda



Se vogliamo cambiare punto di ritardo deve comunque restare la stessa relazione di fase tra le due forme d'onda -

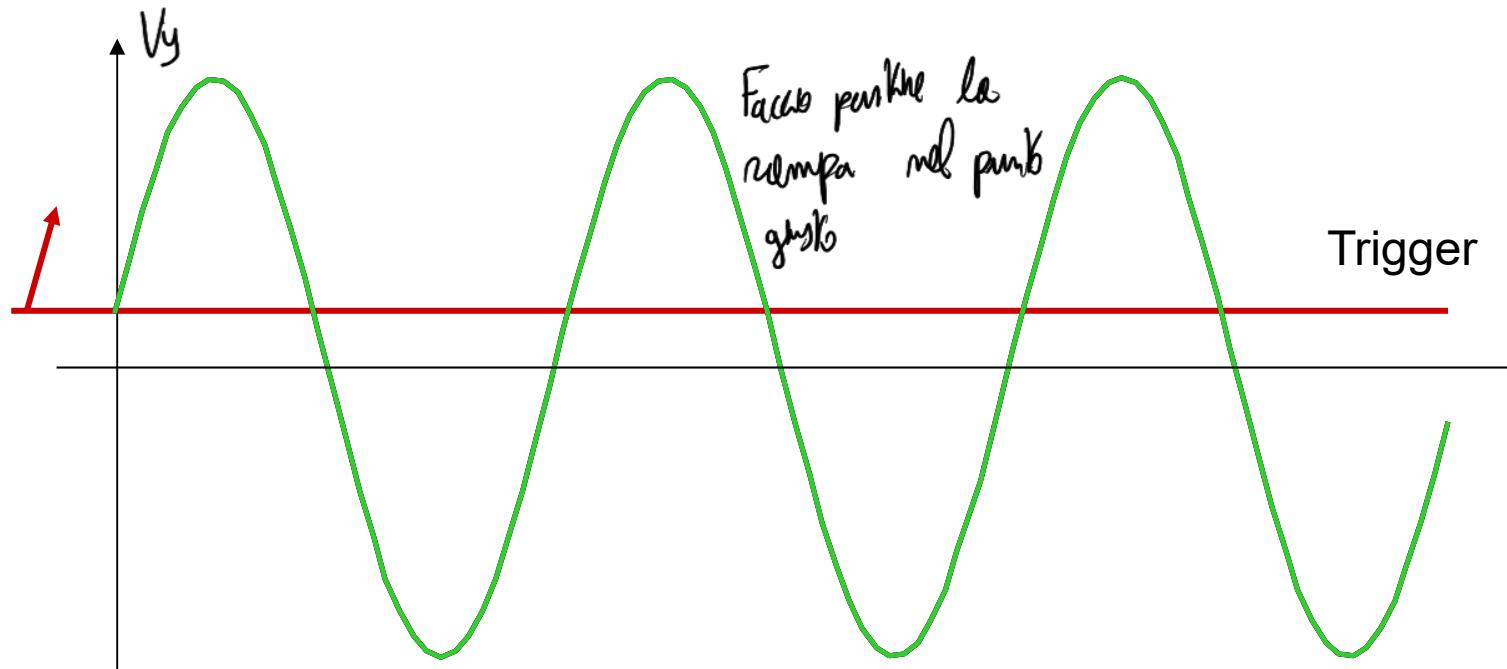
Il punto di partenza  
della linea è casuale, ma  
non rimane sempre  
quello

# Sincronizzazione (trigger)

Per avere un **visualizzazione sincronizzata** e quindi una traccia stabile in molti casi è sufficiente che il pennello elettronico **parta dal margine sinistro dello schermo solo quando il segnale  $V_y$ :**

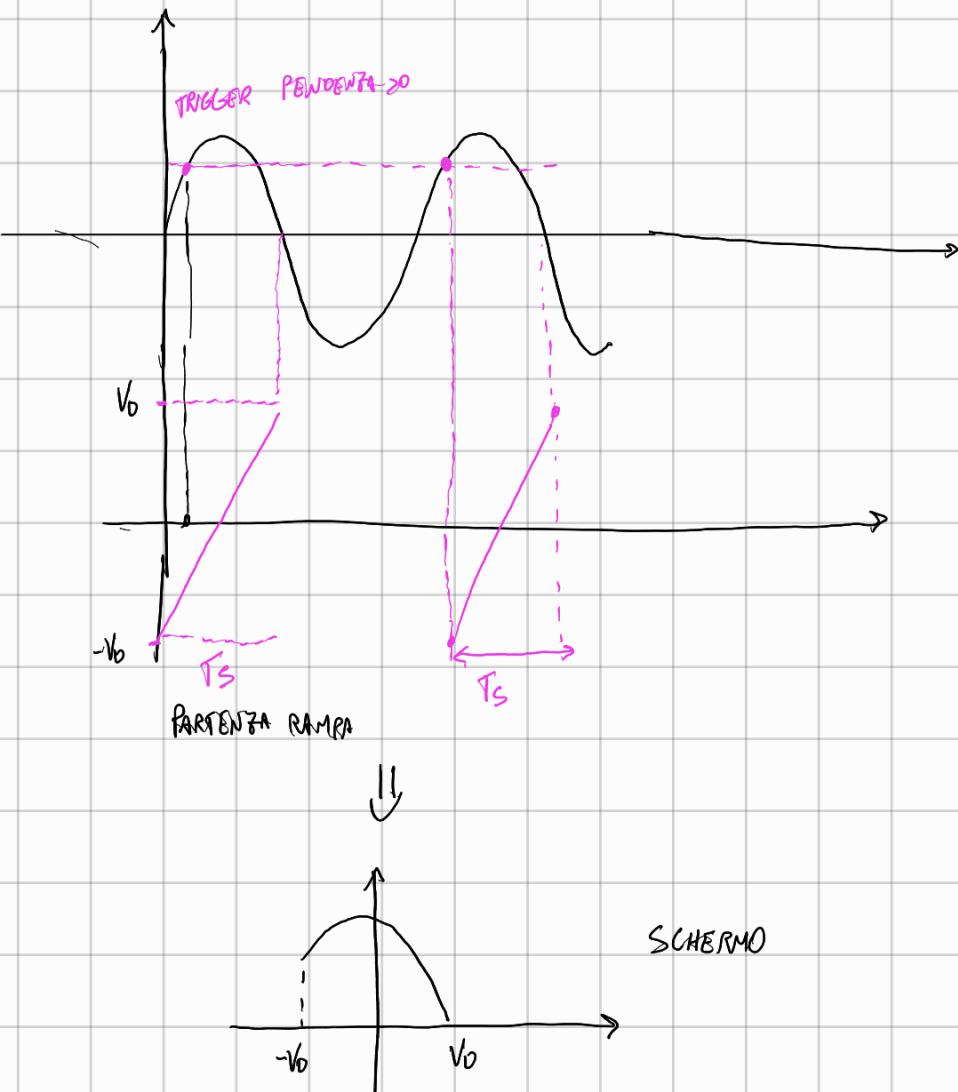
- assume un valore prefissato (**livello di trigger**) e**
- ha la derivata di un determinato segno (**pendenza di trigger**)**

Come controllare numero



Segnale passa prima per circuito di trigger. Posso scegliere dove farlo partire se ho slope e valore.

Forma d'onda sperimentalmente costante nel tempo



Se cambia  $t_s$

Non serve relazione specifica fra i periodi. Basta che la rampa porti qualche ciclo ab

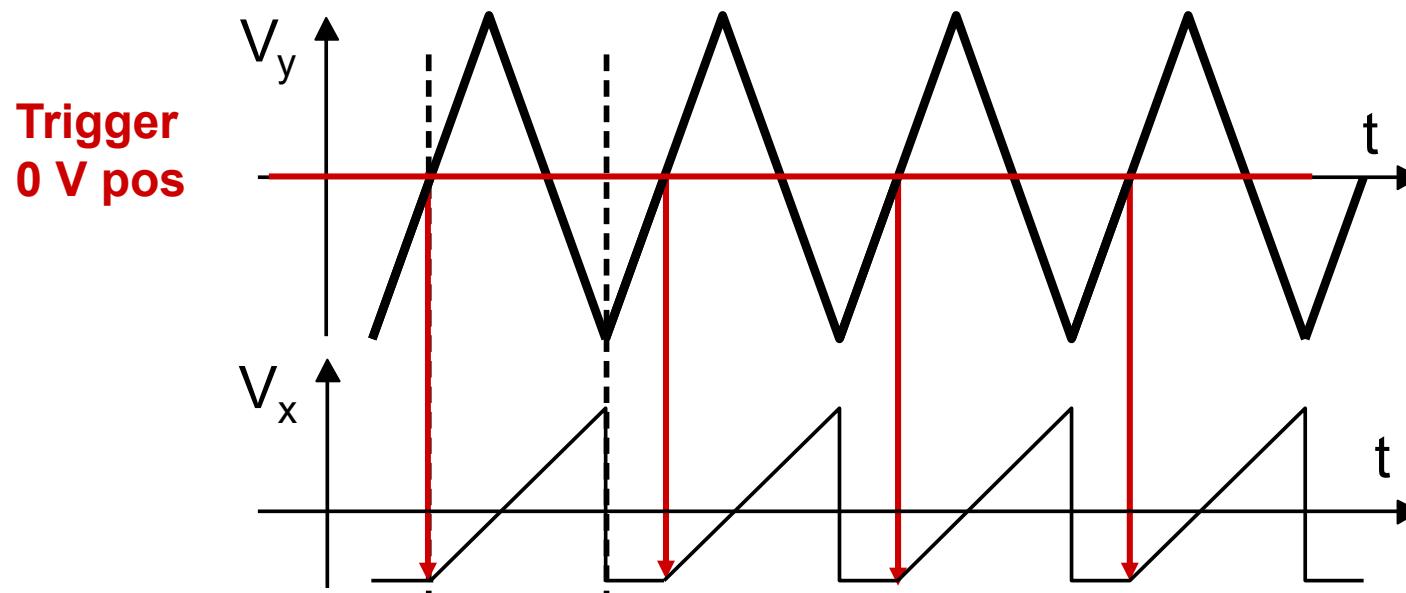
# Sincronizzazione (trigger)

La sincronizzazione realizza la coincidenza fra istante di partenza della rampa e punto iniziale della porzione di segnale da visualizzare

Si attua la sincronizzazione attraverso la generazione di un impulso (detto di trigger) al livello e pendenza fissati che avvia la rampa  $V_x$

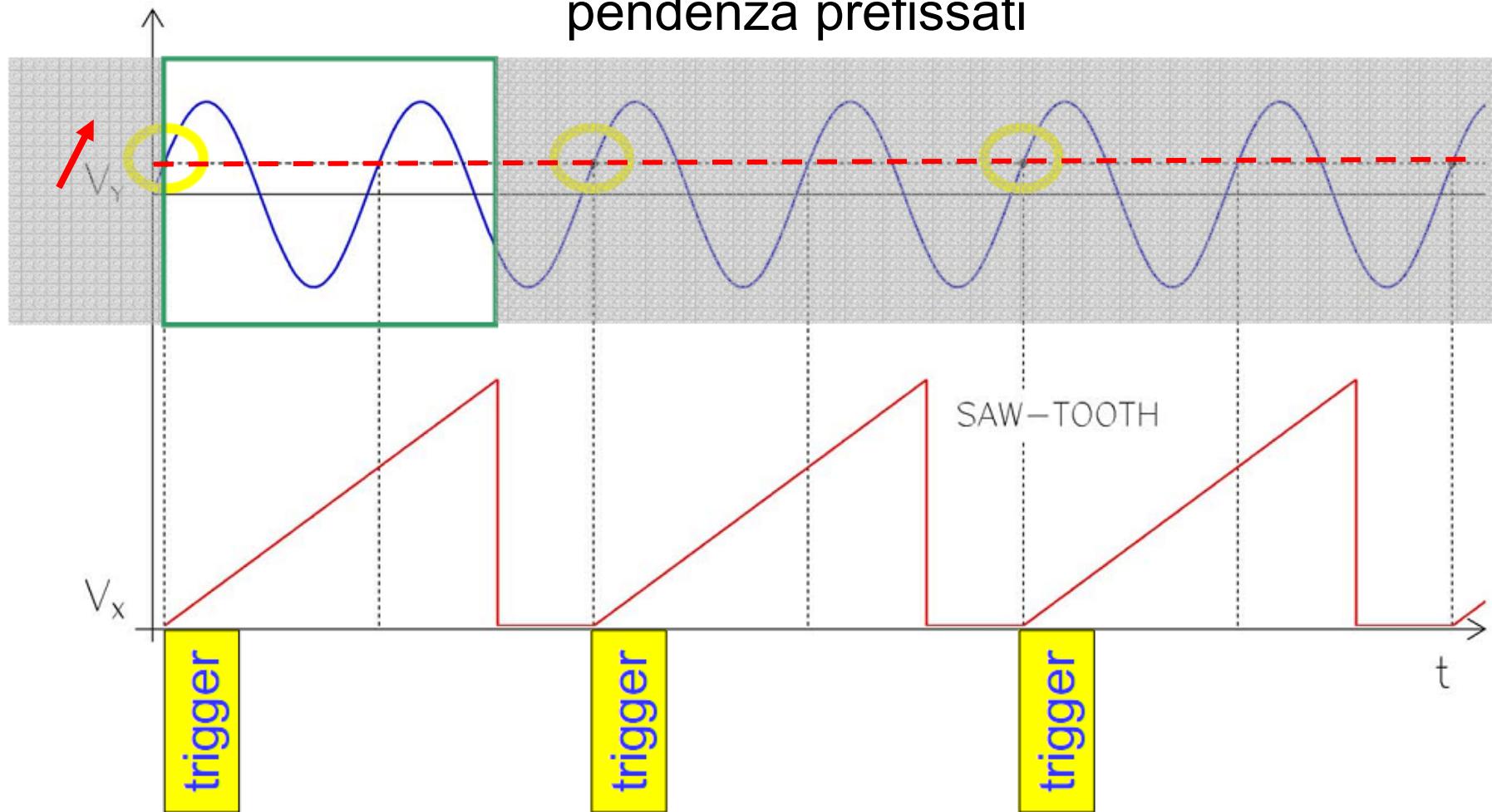
Dopo il raggiungimento dell'estremità destra il pennello luminoso viene spento (imp. di unblanking) e riportato all'estremità di sinistra

Si attende l'arrivo del nuovo impulso di trigger



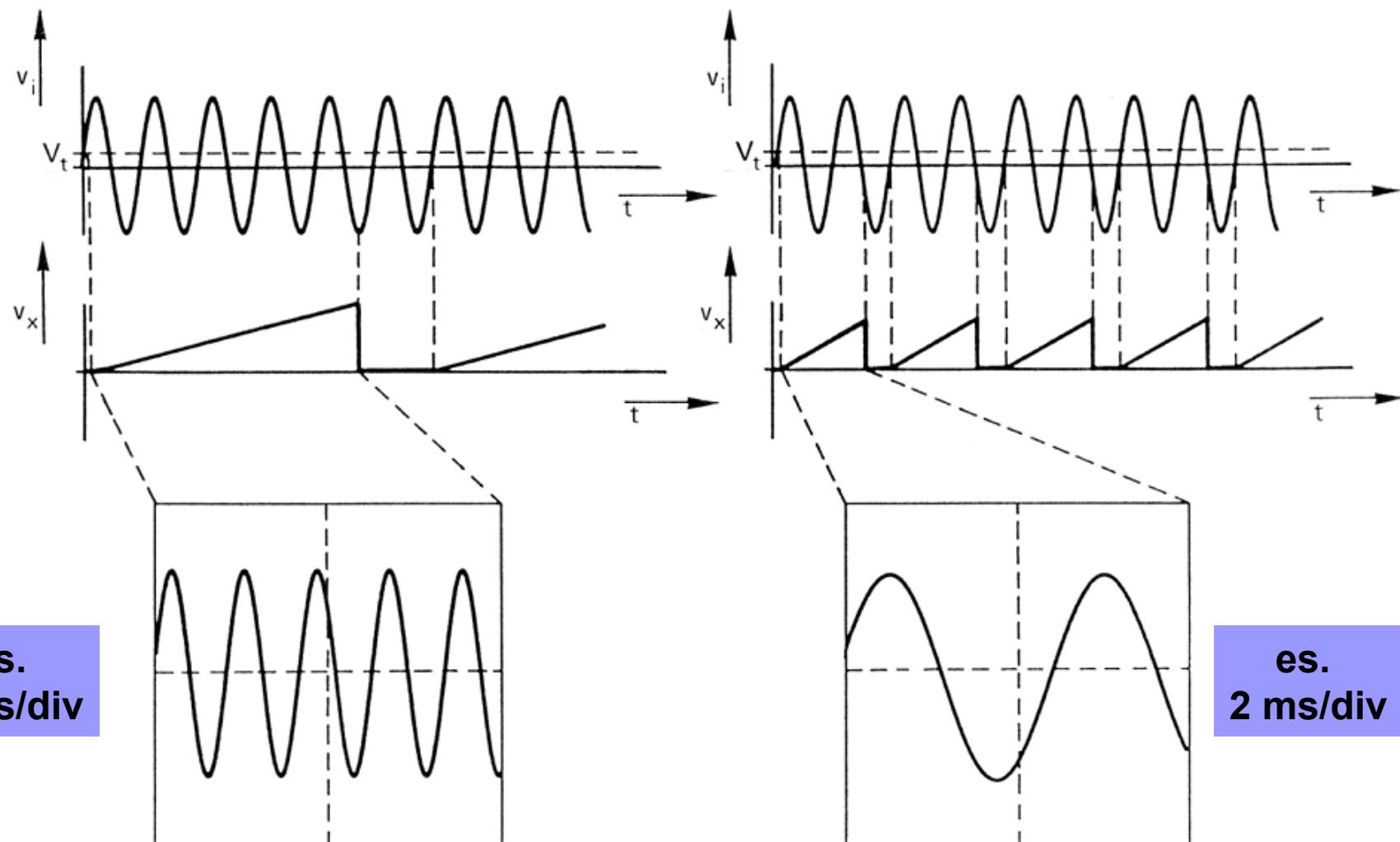
# Sincronizzazione (trigger)

Si genera un impulso (di trigger) che comanda l'inizio della visualizzazione quando il segnale attraversa il livello e pendenza prefissati



# Impostazioni di visualizzazione

Alzando la pendenza della rampa ( $s/div$ ) si riduce la porzione temporale di segnale visualizzato, a parità di impostazioni di trigger



es.  
5 ms/div

es.  
2 ms/div

Cambi pendenza  $V_x$ : cambia velocità com curva ms spostato su ass x: ogni divisione

rappresenta tempo più lungo.

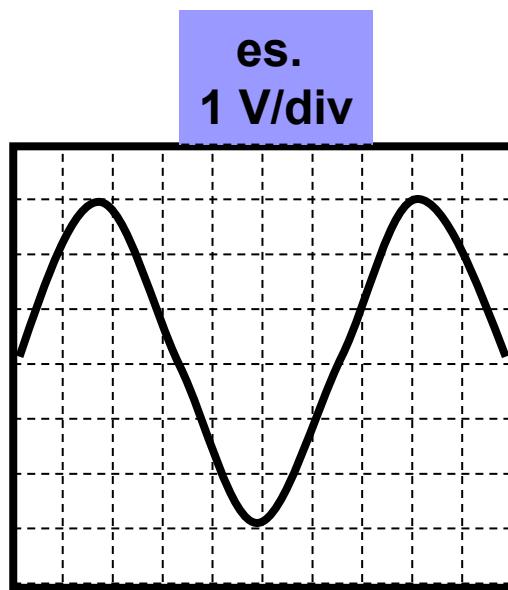
Cambi la velocità in secondi. Anzi.

100 m/s/div se misura 1 sec.

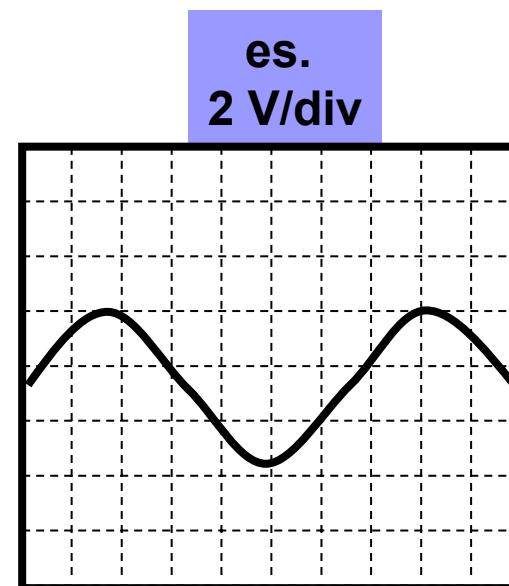
10 s  $\Rightarrow$  1 s/div. Diametralmente opposto con un solo andamento della forma d'onda.

# Impostazioni di visualizzazione

Cambiando guadagno dell'amplificazione verticale (V/div) si amplifica o si attenua il segnale visualizzato



Amplessa che combi  
in verticale 6 Volt;  
combi risoluzione  
verticale.  
Amplessa che ogni volt  
rappres.



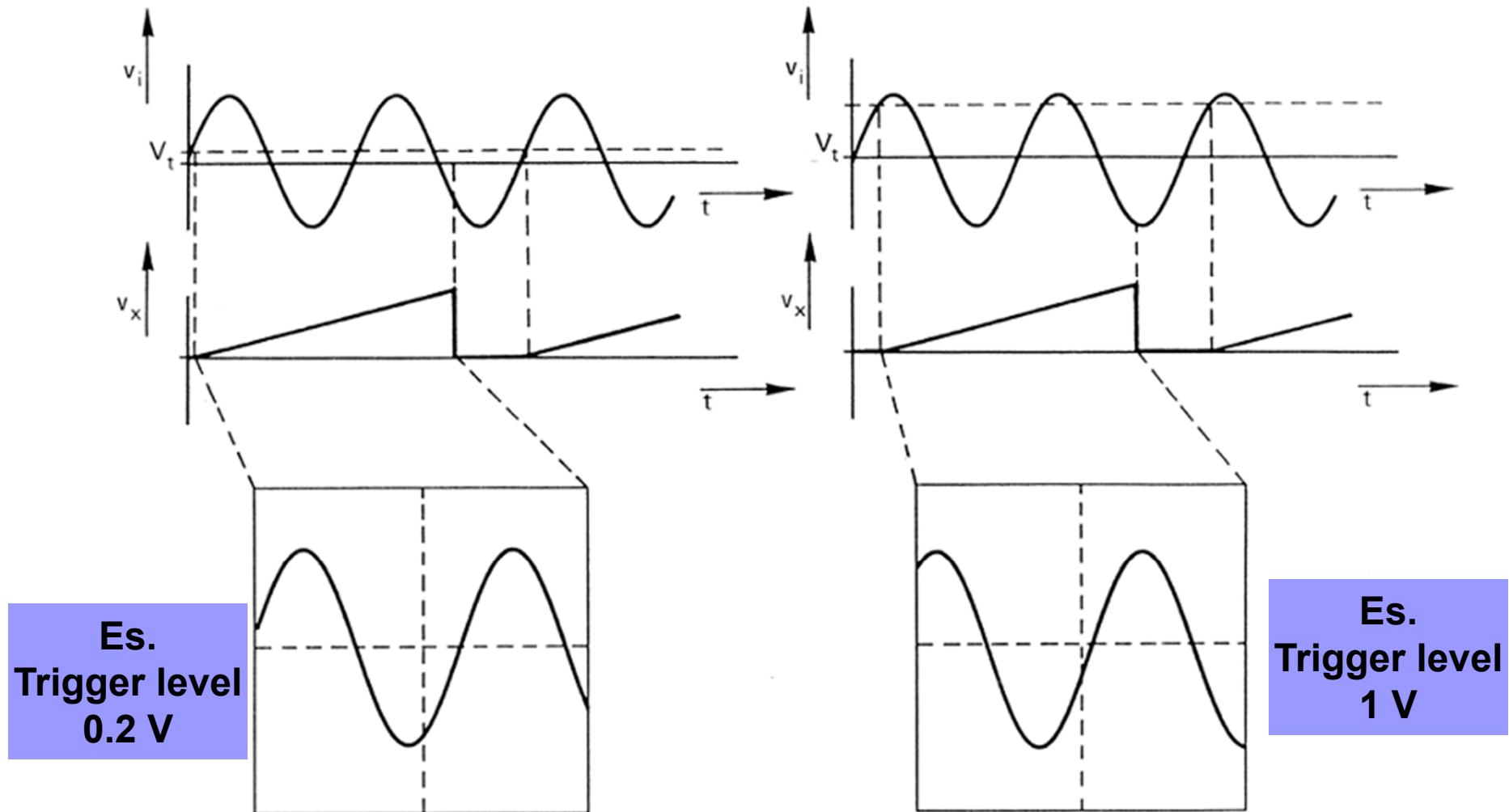
$$V_{pp} = 6 \text{div} \cdot 1 \frac{V}{\text{div}} = 6V$$

$$V_{pp} = 3 \text{div} \cdot 2 \frac{V}{\text{div}} = 6V$$

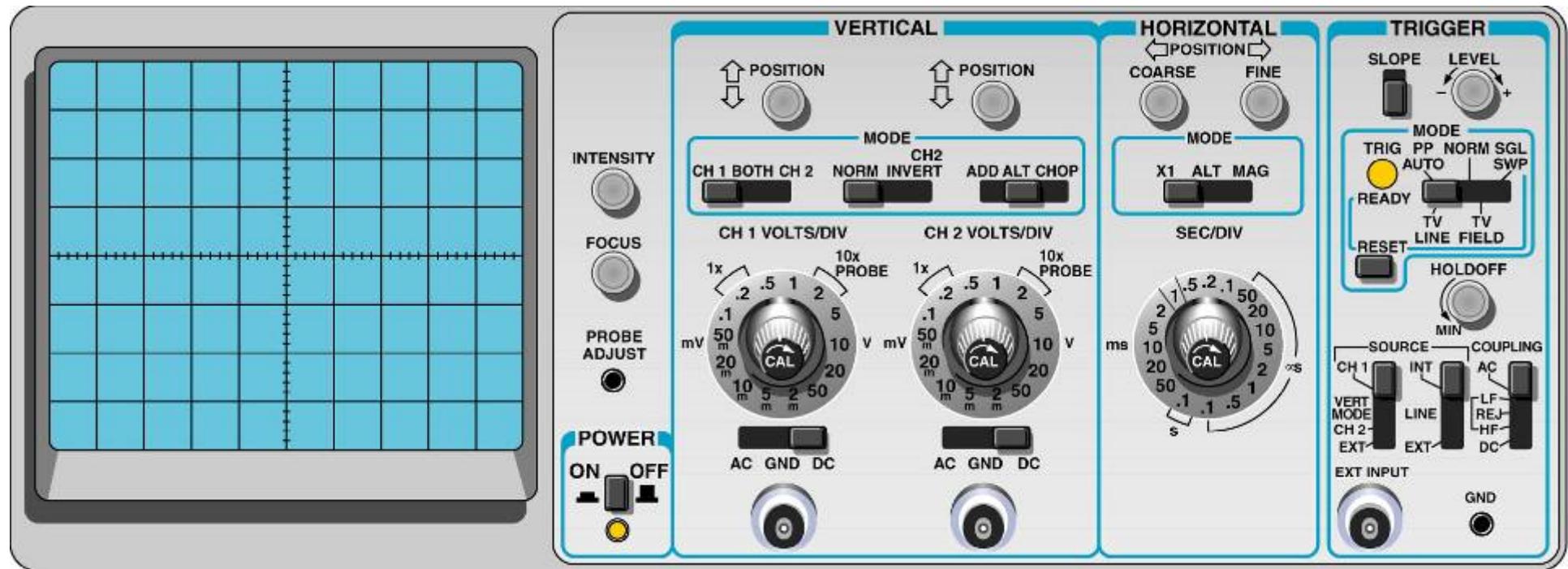
Larghezza simbol: tempo che ciascuna divisione rappresenta: risoluzione orizzontale

# Impostazioni di visualizzazione

Variando il livello di trigger si cambia l'istante d'inizio visualizzazione e in pratica si trasla il segnale visualizzato



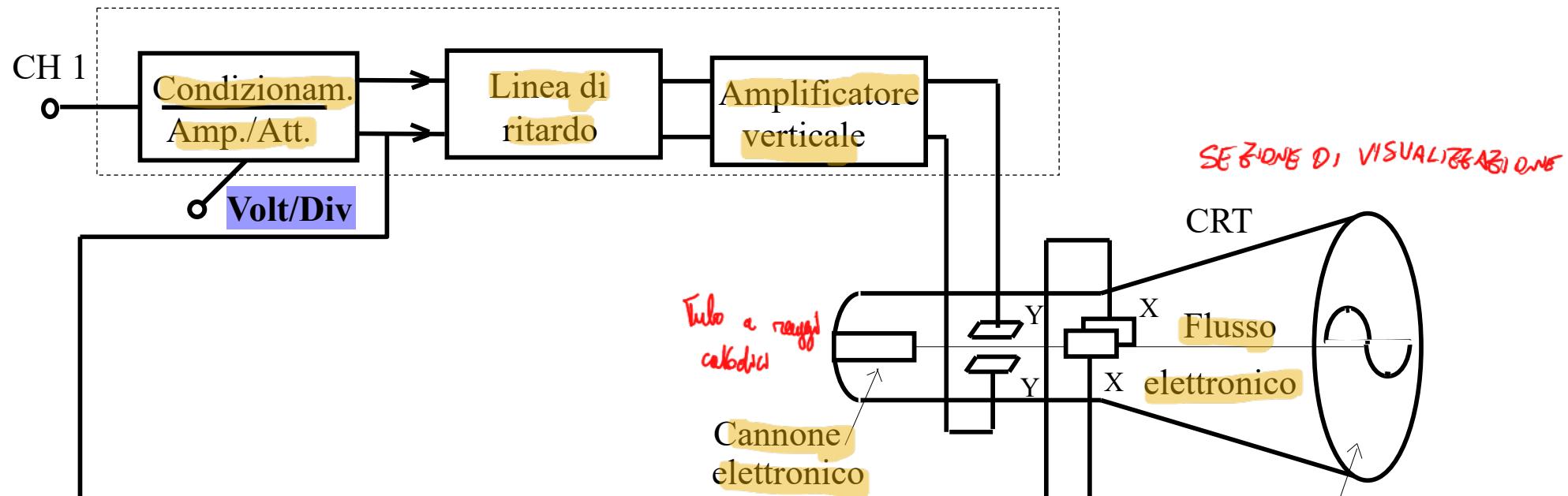
# Oscilloscopio analogico



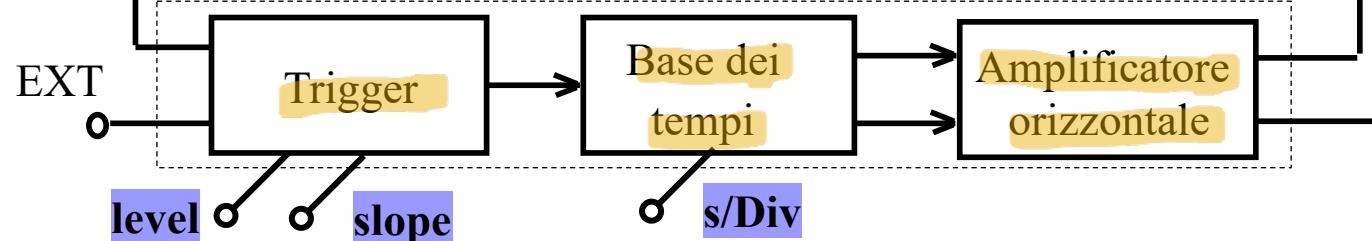
# Oscilloscopio Analogico

SEZIONE VERTICALE

## Deflessione Verticale

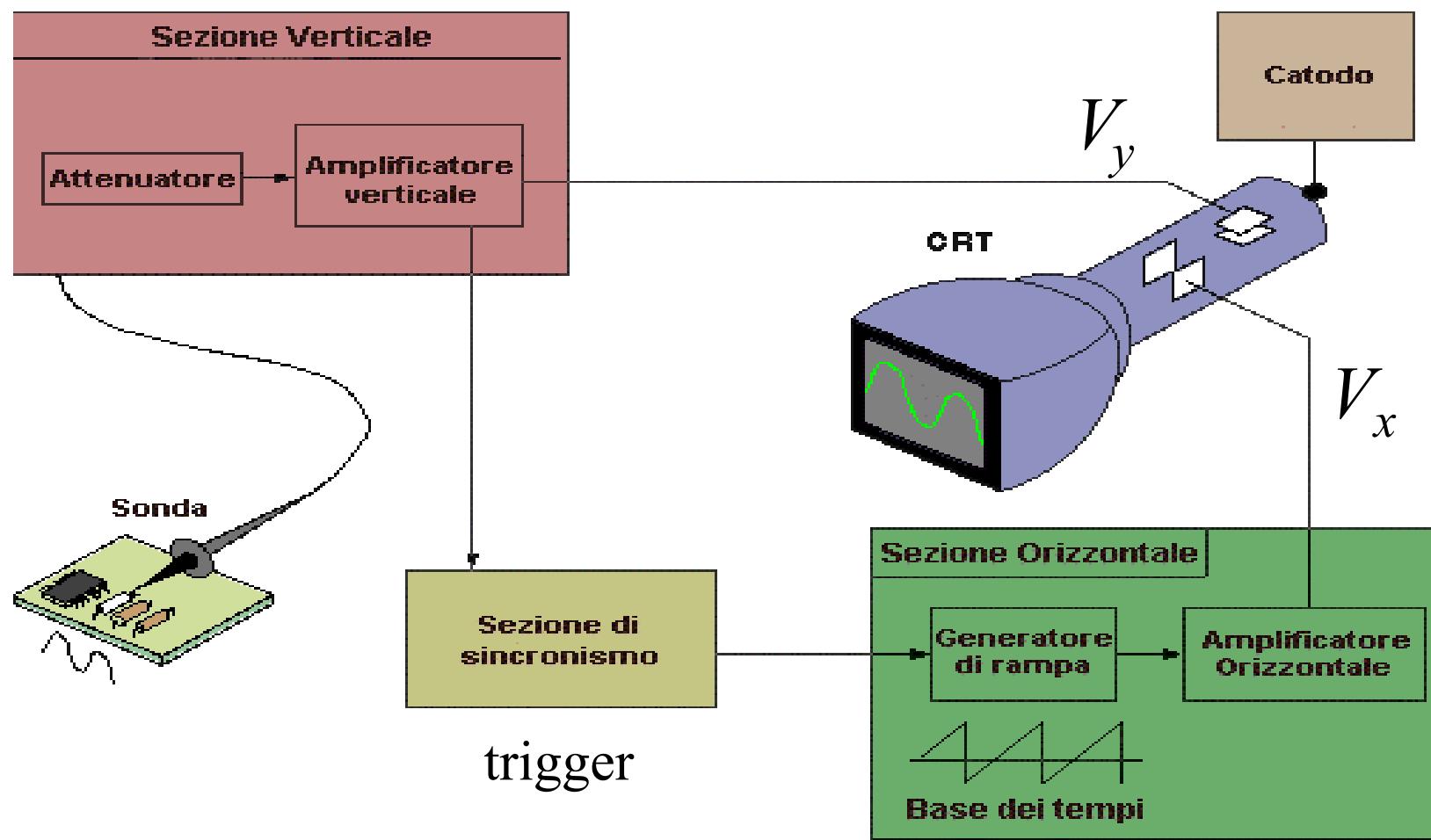


## Deflessione Orizzontale



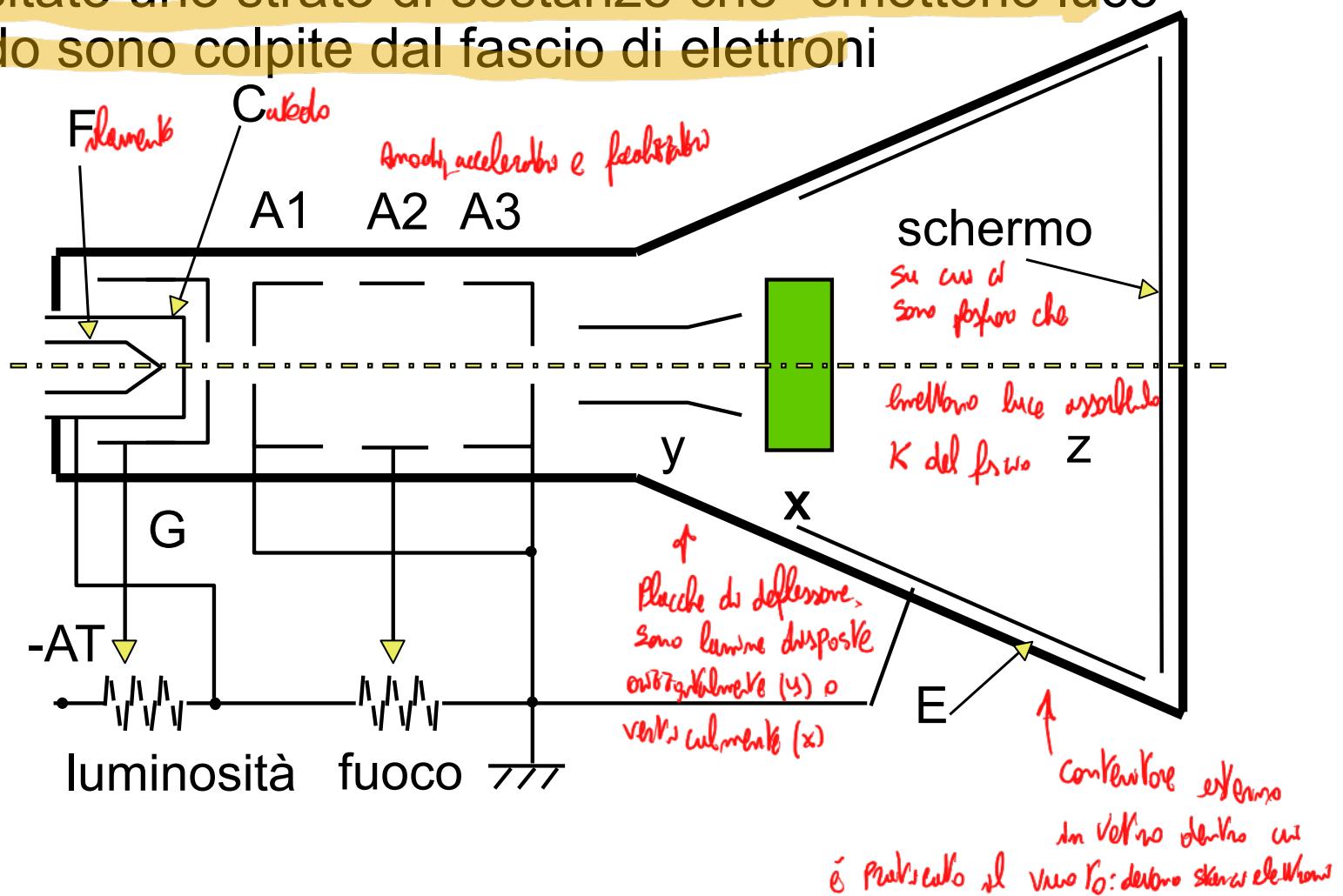
SEZIONE ORIZZONTALE

# Oscilloscopio Analogico



# Tubo a Raggi Catodici

- **tubo elettronico a vuoto**
  - all'interno viene generato un fascio di elettroni
- **schermo**
  - depositato uno strato di sostanze che emettono luce quando sono colpiti dal fascio di elettroni

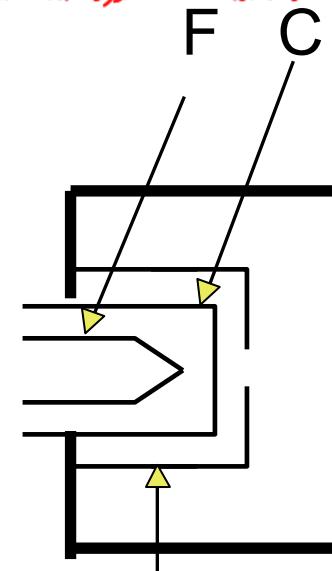


# Tubo a Raggi Catodici: costituzione

↑ filamento: pezzo di metallo a cui applico tensioni dell'ordine di Volt. Potenza non trascurabile. Calore sale. Sul catodo c'è scarico di ossido che emette elettroni

Riscaldando F vengono emessi elettroni dal catodo C che sono accelerati verso la griglia G dalla differenza di potenziale

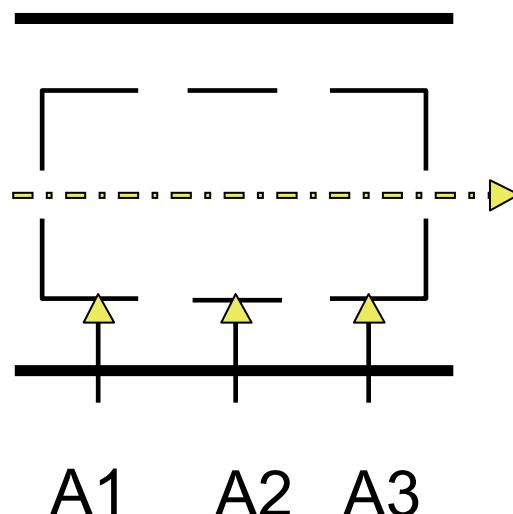
Per variare l'intensità fascio si varia la differenza di potenziale tra G e C



## anodi

- accelerano
- focalizzano

gli elettroni del fascio



potenziali degli anodi rispetto al catodo: parecchie migliaia di volt

Sistema di acceleraz. e focalizzazione. A<sub>1</sub> pre-acceleratore, A<sub>2</sub> focalizzatore, A<sub>3</sub> acceleratore.

G griglia, ha un foro sulla superficie normale all'asse, da cui esce fascio. Catodo è tenuto a potenziale fiso di -2000V. Griglia a polarità fra -2000 e -2050V reversibile. Regolabile con manopola per cambiare intensità della traccia sullo schermo

$A_2$  subisce un fermo (non lo fa dipendere),  $A_1$  e  $A_3$  lo accelerano.

↳ allarmanti se cerca un punto grande ho perdita di risoluzione.

$A_1$  e  $A_3$  sono a gradi, mentre  $A_2$  a potenze  $< 0$  ma a potenziale più alto del catodo.

Non molto distante dallo 0 comunque.  $A_2$  può venire

# La deflessione

*: lamina metallica a cui applico tensione*

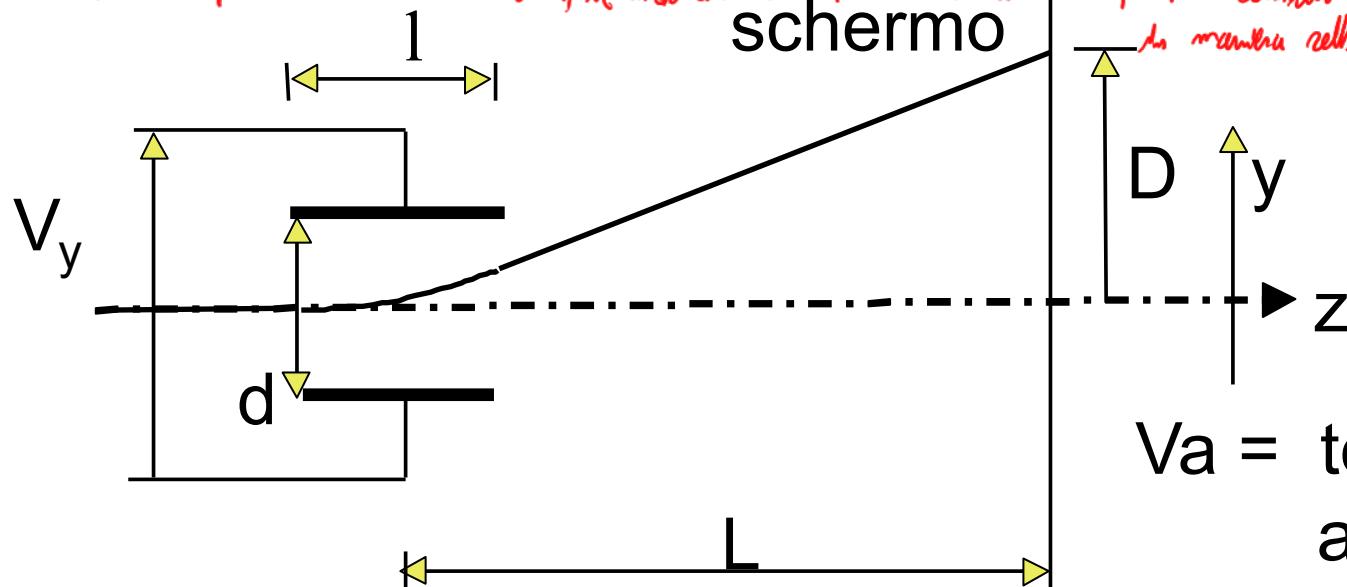
*Dispositivo obiettivale. Ho due elettrodi che fanno condensatore.*

*Genero un campo elettrico applicando una tensione al condensatore. Le cariche subiscono*

*una  $F = qE$ . All'interno della zona, nel moto rettilineo a perpend. Finora del campo fisso continua*

*da manica rettilinea\**

$$D = \frac{l \cdot L}{2 \cdot d} \cdot \frac{V_y}{V_a}$$



$V_a$  = tensione di accelerazione

## sensibilità di deflessione

$$S_y = \frac{D}{V_y} = \frac{l \cdot L}{2 \cdot d \cdot V_a} \left[ \frac{mm}{V} \right]$$

*Distanza ricoperta per unità di tensione*

Come trova il punto dello schermo? Calcola la distanza dal centro dello schermo.

$$D = \frac{l \cdot L V_s}{2d V_a}$$

L'etica placcia

L = distanza tra centro placcia e schermo

d = distanza placcia

V<sub>y</sub> = tensione applicata all'etica

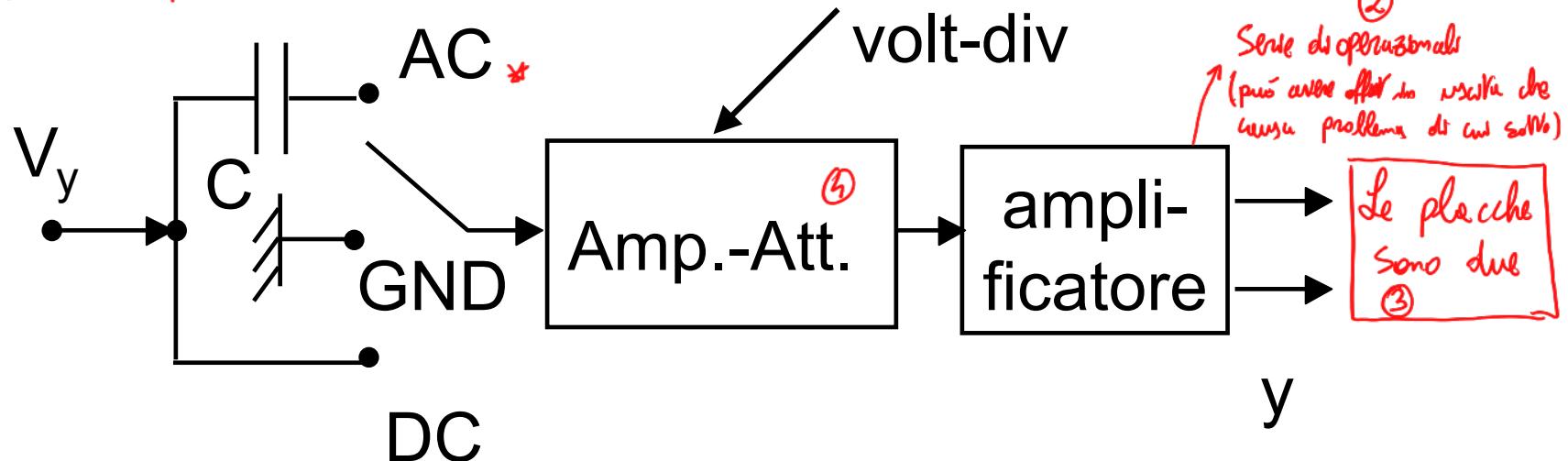
V<sub>a</sub> =  $\Delta V$  tra anodo e catodo (anodo di focalizzazione)

Per V<sub>x</sub> regolare, ma non lo genna no.

Potrei usare oscilloscopio per visualizz. elettr. circolante su un doppio dipolo.

# Blocco di condizionamento verticale

Serie per funz ss che forma d'onda polata correttamente le placche di deflessione



## parametri principali

- **banda passante**: ho componenti non ideali, che sono limitati nella banda che riesco a gestire (sono pessimi buso). Più spazio più è ampia.
- **tempo di risposta (o salita)**: collegato al monitoraggio della sua quello del primo
- **amplificazione**: rappresenta bene anche segnali molto piccoli: 1000, 10k, 100K ecc.
- **impedenza di ingresso**: questo segnale può essere schematicizzato con bipolo cap. alla Thorntun. A Molto grande.

\* alla fine si' d'onda che la sposta verso l'alto o verso il basso. Precisò non stava ingresso 0.

Vedere nell'8. Se si' genna nelli non centrata sul centro, et sta in campo costante sulle placche che sposta retti sopra o sotto. Vertical position aggiung comp. costante.

- 1 Blocco di accoppiamento:
  - DC: può passare segnali così com'è.
  - AC: rimuovere componente continua
  - GND: non applica tensione alle placche di deflessione verticali. Farlo avvia orizzontalmente alle scorrerie. Dialogo nelle orizzontali.
- 2 Serie di operazioni, per capire se oscilloscopi funziona bene. Dev'essere netta. Se si' genna nelli non centrata sul centro, et sta in campo costante sulle placche che sposta retti sopra o sotto. Vertical position aggiung comp. costante.

④ A guardare visibile: non può essere molto grande o molto piccolo e dove essere adattato.

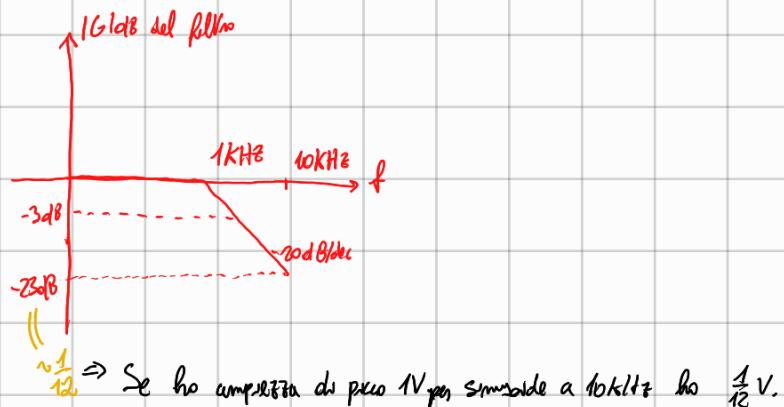
Blocco 2 fornisce potenza: il campo elettrico per spostare carica deve compiere lavoro (quindi Energia  $\rightarrow$  Potenza =  $V \cdot I$ ).

Se voglio essere un grado di spostare fisso, placche devono assorbire una certa corrente-potenza.

Il primo amplificatore non può anche sviluppare il consumo di forza/potenza/corrente correttamente.

Fornisce una tensione orizzontalmente regolare, ma immobile potenza. Fa compiere lavoro alla forza elettrica per la deflessione del fascio.

➤ Perché voglio banda alta?



Vissuto solo la sinusoidale. Non sto visualizzando la realtà.

Se molte onde quadra a 1kHz ho attenuazione sempre più grande per componenti a frequenze gravi. Verò onde quadre sommesse.



Se  $Z_{osc}$  è molto piccola, grossa parte di  $V_{in}$  si perde su  $R_{in}$ .

Quindi  $Z_{osc}$  deve essere molto grande.

# Circuito di trigger

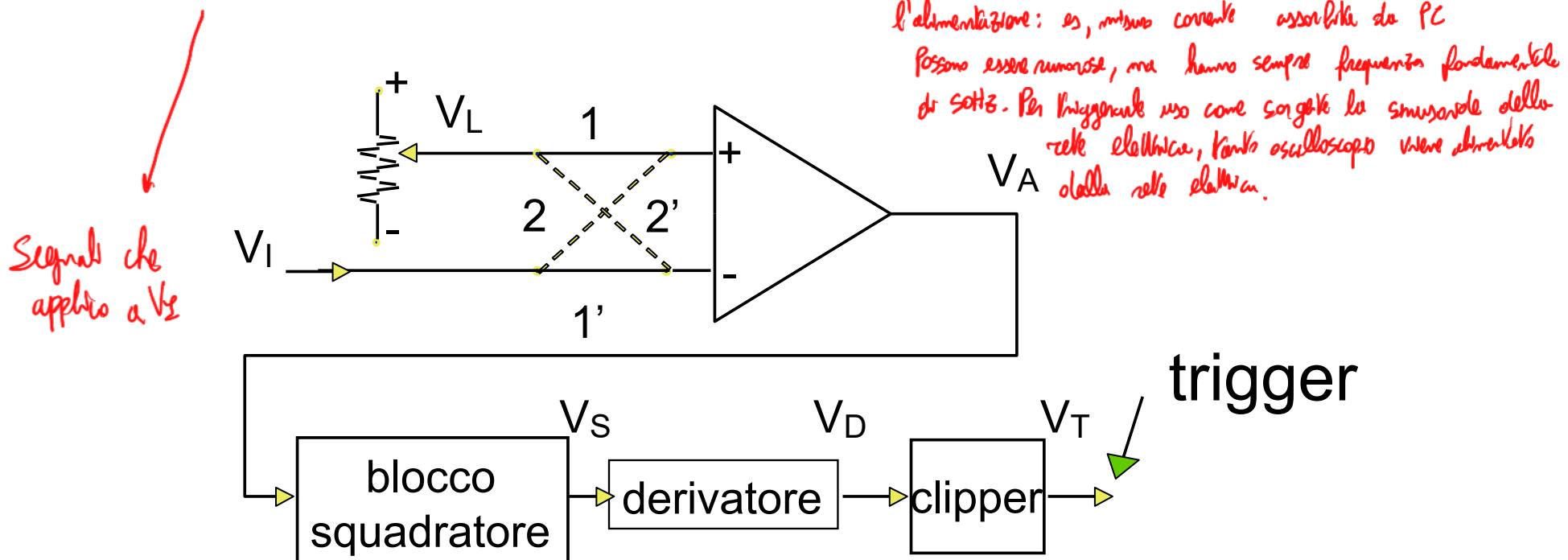
Lo scopo del circuito è fornire un impulso al passaggio di un segnale per un livello con una pendenza prefissati. *Fe puntare la rampa che controlla dell. onda.*

Prevede tre sorgenti fondamentali:

- INT ricavato dal segnale inviato all'asse y
- EXT ricavato da un generico segnale fornito dall'esterno
- LINE ottenuto dall'alimentazione

*Proprio V<sub>y</sub>*

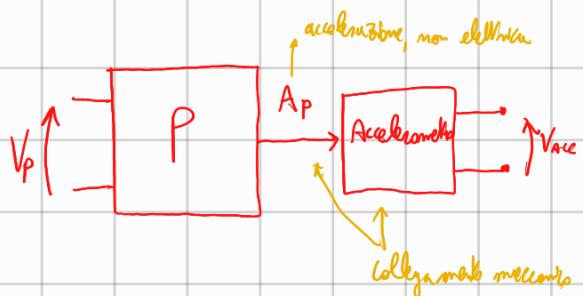
*Caso particolare di EXT: fornisco come segnale esterno l'alimentazione: es., misura corrente assorbita da PC. Possono essere rumorose, ma hanno sempre frequenza fondamentale di 50Hz. Per maggiore uso come sorgente lo smusatore della rete elettrica, tanto oscilloscopio viene alimentato dalla rete elettrica.*



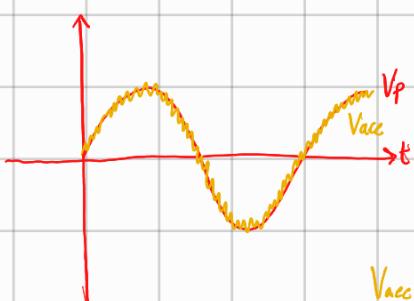
PIEZOELETTRICO: Dispositivo a cui si applica tensione questo vibra. Se lo deformo genera tensione.

Vibrazione generata sarà rumorosa: ho accelerazione di vibratore di  $\propto V$  ma molto più rumorosa.

ES: Se applico tensione che proviene da un sensore



A<sub>P</sub> avrà la stessa forma d'onda di V<sub>p</sub>, così come V<sub>acc</sub> su A<sub>P</sub>. Voglio visualizzare V<sub>acc</sub> per vedere accelerazione del piezoelettrico.



V<sub>acc</sub> non è un segnale che posso usare nel trigger.

Gi' anche EXT; V<sub>p</sub> ha stessa forma d'onda di V<sub>acc</sub> ma più pulita. Quindi do V<sub>acc</sub> all'ingresso V<sub>y</sub>

e poi mi sento EXT come segnale per generare evento di trigger come segnale di sincronismo.

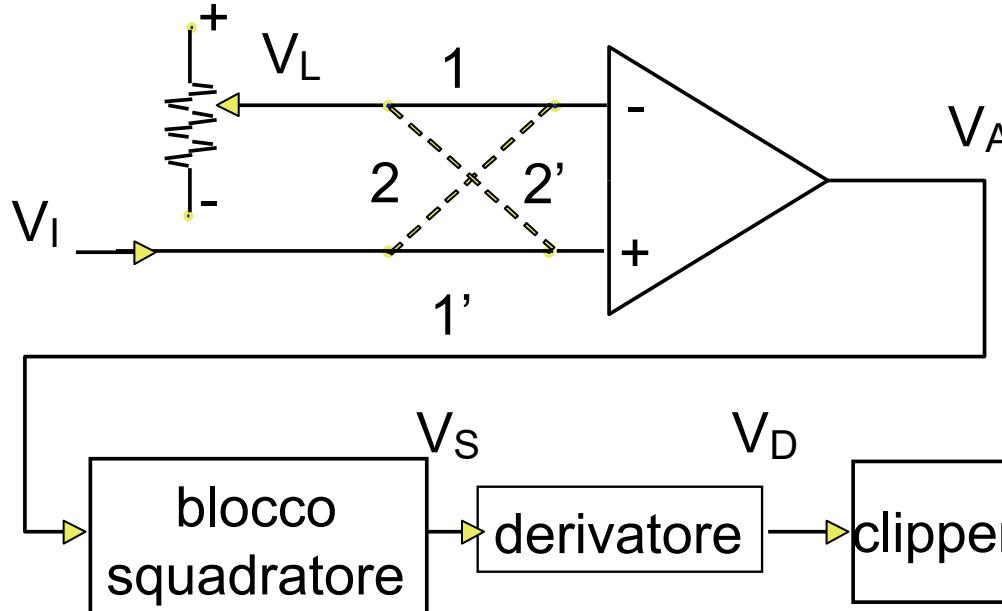
Lo uso come segnale pulito che ha la stessa forma d'onda di quello sporco.

Voglio visualizzare forma d'onda, ma solo come segnale per trigger non la forma pulita che uso come trigger.

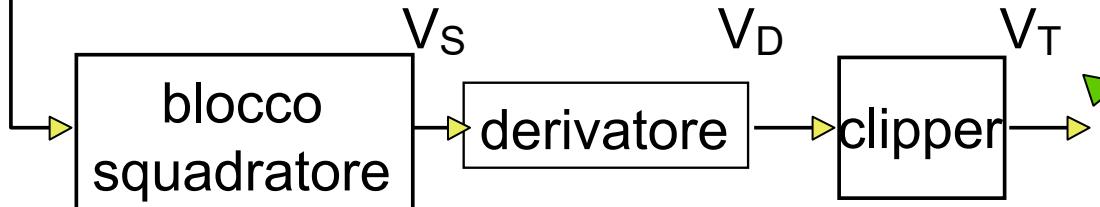
Dovranno essere curvi non curvi ha a disposizione.

# Circuito di trigger

$V_L$  scelta con manopola, perciò simbolo potenziometro  
Inverso serve per una certa perdita:  
positivo:  $V_L - V_2$ . Negativo:  $V_2 - V_L$



trigger

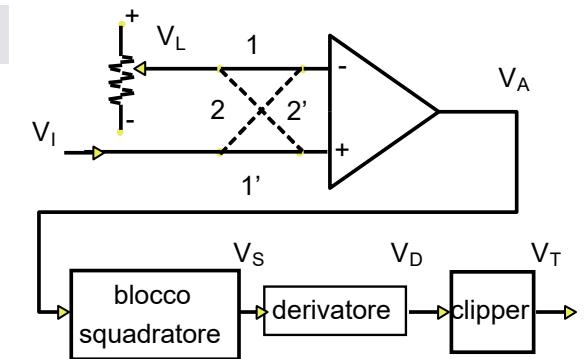


Il primo blocco effettua la differenza fra segnale in ingresso e livello di trigger scelto

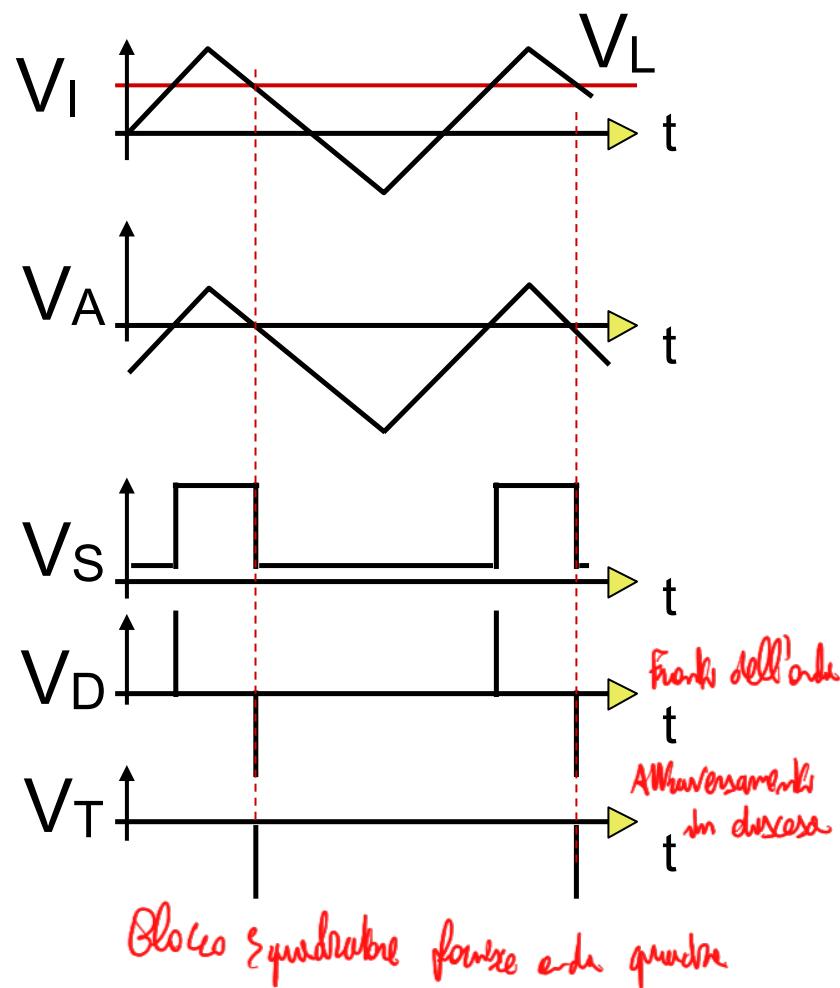
Il blocco squadratore è un comparatore con zero: ha in uscita  $V_H > 0$  se  $V_a > 0$  altrimenti  $V_L < 0$  se  $V_a < 0$ . Per un segnale periodico  $V_s$  è sempre un'onda quadra di periodo uguale a quello del segnale d'ingresso e commutazione quando  $V_i$  è uguale a  $V_L$

Il derivatore fornisce degli impulsi in corrispondenza delle transizioni e il clipper elimina gli impulsi positivi

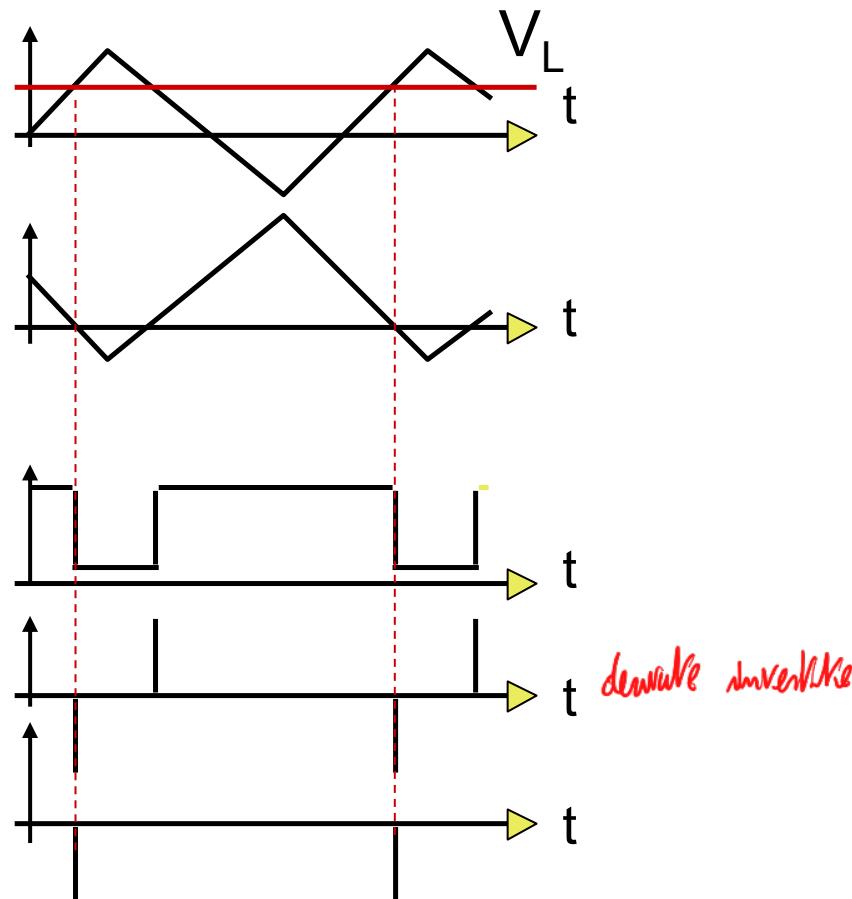
# Circuito di trigger: Esempio



(1-1') ( $V_I - V_L$ )

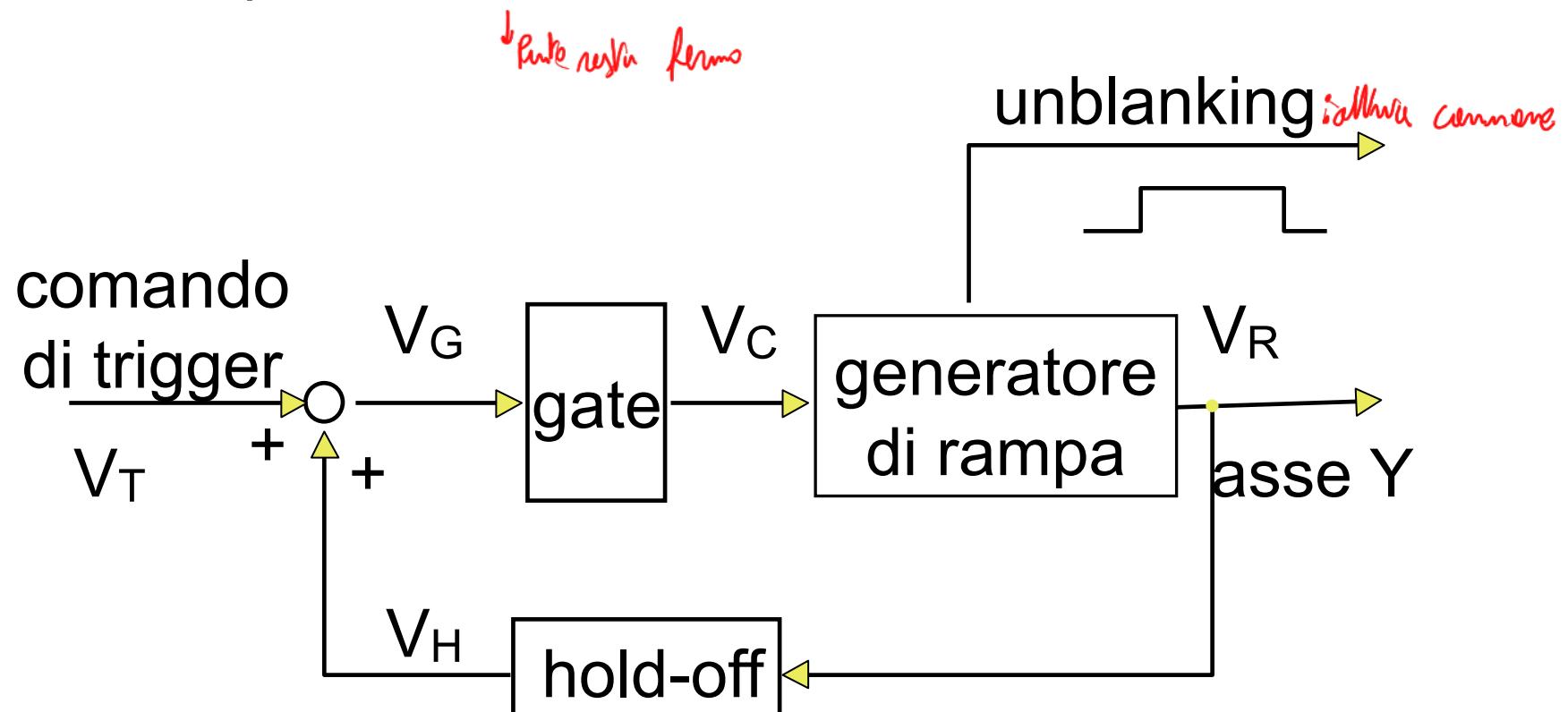


(2-2') ( $V_L - V_I$ )



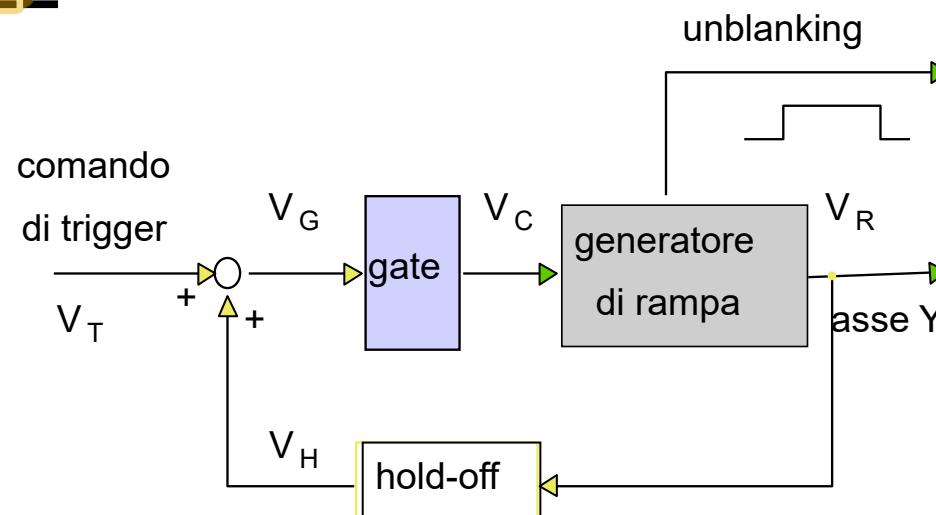
# Base dei tempi

- Lo scopo della base dei tempi è generare una rampa sincronizzata con il segnale tramite gli impulsi di trigger
  - Per avere la visualizzazione si richiede un impulso di trigger
  - nessun impulso  $\Rightarrow$  nessuna traccia
- che pilota deflessione orizzontale  
sincronizza con  
segne che avvia  
il raggio*
- ↳ affianca alla parte rampa*



# Blocco Gate

- Non tutti gli impulsi però devono determinare la partenza di una rampa (es. se c'è già una rampa in atto)
- A filtrare gli impulsi, provenienti dal trigger e "corretti" con l'hold off, c'è il blocco di gate: *filtre trigger start/finale*
- gate è un comparatore con isteresi con  $V_{GH}$  e  $V_{GI}$  molto discoste fra loro: quando in ingresso ha un impulso negativo l'uscita diventa costante e positiva per un tempo  $T_{vis}$  \* *Sarà attivata da generatore di rampa che dà rampa che dà rampa*
- modalità funzionamento blocco gate: **NORMAL**<sup>①</sup>, **AUTO**, **SINGLE**



① Solo quando genera evento che trigger può puntare generazione.  
Sempre segnale uscita come sorgente (INT, EXT, LINE).

28) Impulso negativo + hold eff che dà 0 perché non somma niente.

Grafico riconosce ampiezza  $\geq$  soglia, risponda a generare segnale costante  $V_0$ , che valore rilegato. Rampa viene presa e sommata a impulso di trigger; Somma impulso negativo e segnale crescente ha forma che si allontana sempre di più dalla soglia.

Impulso verità misterioso perché non riesce ad abbattere soglia.

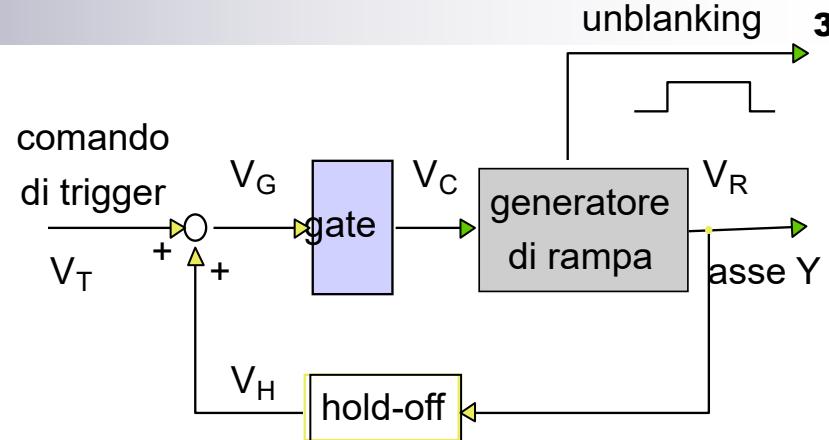


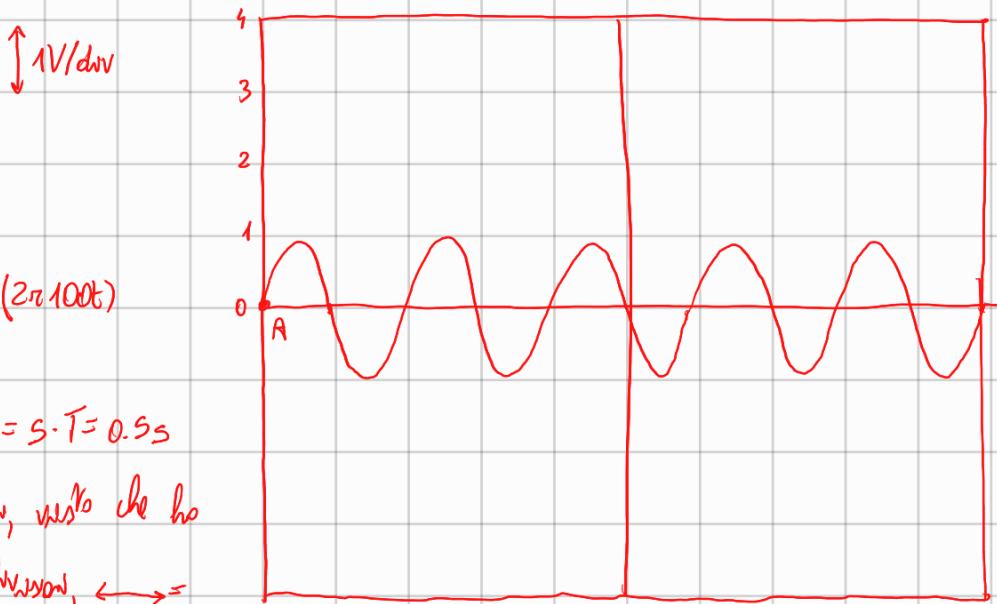
Note → differenza è molto piccola.

# Blocco Gate

## Modalità NORMAL

- Il gate attende impulsi negativi provenienti dal trigger e “corretti” con il segnale di hold off
- Quando arriva un impulso la tensione di uscita  $V_c$  diventa positiva avviando la rampa
- Assieme alla rampa si attiva il segnale di unblanking che accende il pennellino luminoso
- L'accettazione di eventuali altri impulsi è disabilitata con la rampa retroazionata attraverso la linea di hold off che aggiungendosi all'uscita del trigger non permette di raggiungere la soglia di attivazione fintantoché non è terminata la visualizzazione,  $\tau_a$





$$\text{Sum}(2\pi 100t)$$

$$T_{\text{tot}} = S \cdot T = 0.5s$$

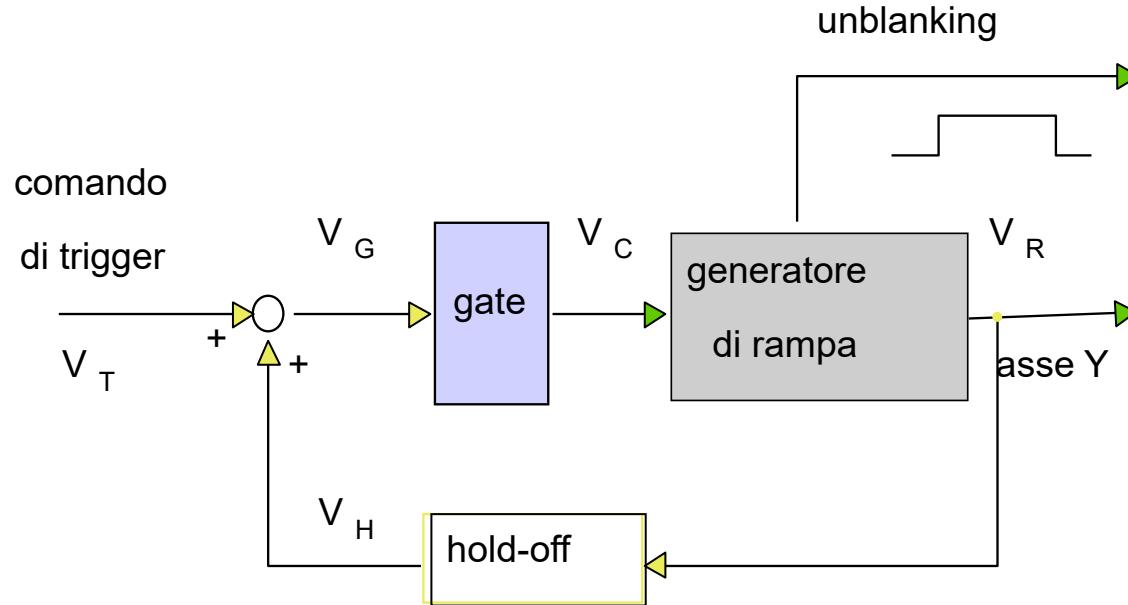
quando visto de baixo

$$10 \text{ divisiones} \leftarrow =$$

$$0.05 \text{ s/div.}$$

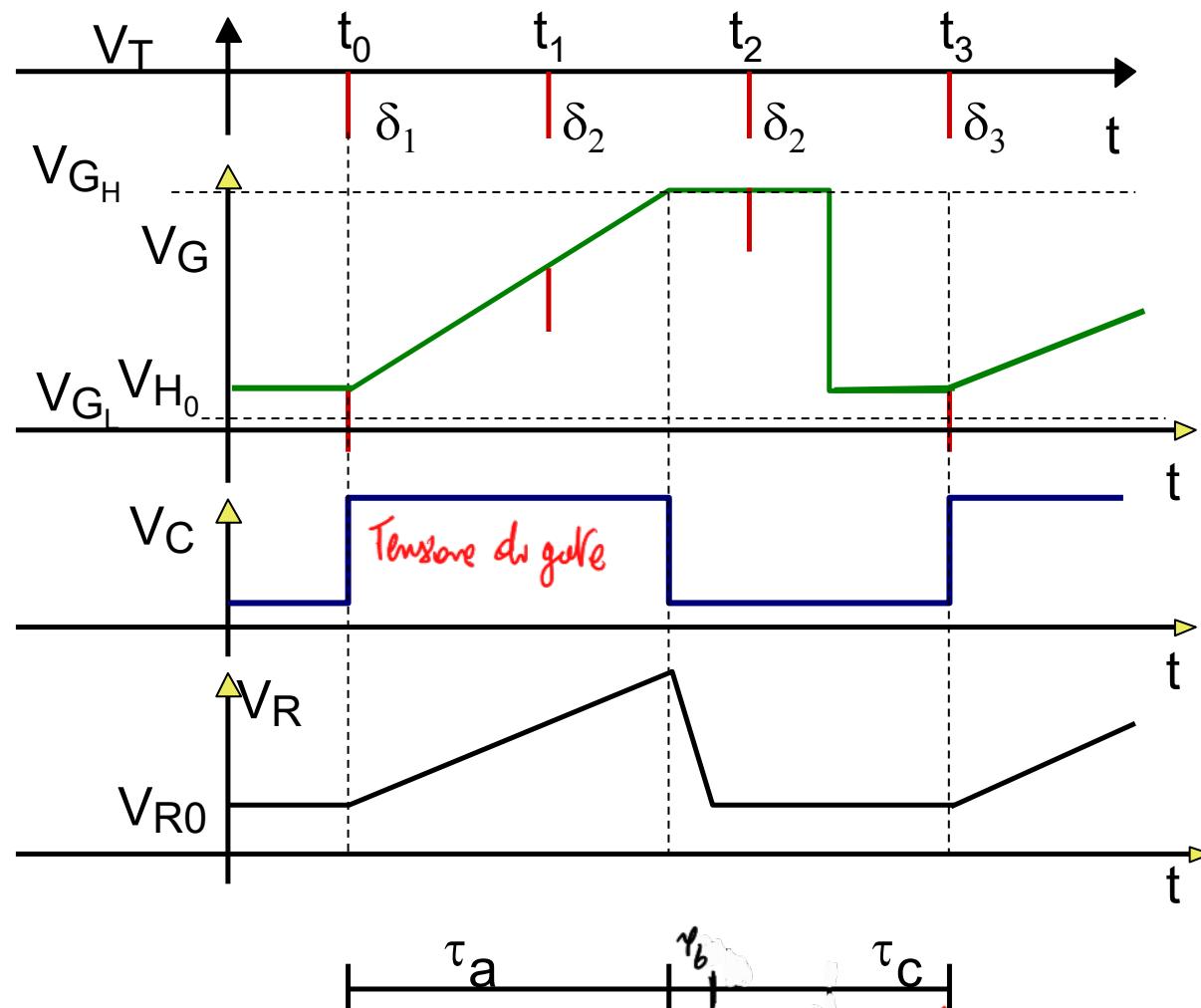
A é um ponto onde trigger é devido ser válido

# Hold off



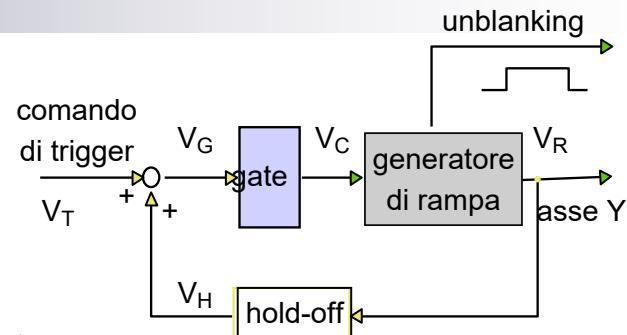
- Al termine della rampa il valore in uscita al blocco di hold off non ritorna istantaneamente a zero, riabilitando l'accettazione degli impulsi solo dopo un certo intervallo di tempo,  $\tau_b$
- Ciò consente l'azzeramento del valore della rampa
- Allungare ulteriormente il ritardo di riabilitazione facilita per alcuni segnali la sincronizzazione corretta

# Base dei tempi



$\tau_b$ : tempo necessario,  $\tau_c$  mo.

Mask degli  
impulsi Lo allunga per unire  
molti più di  $T_V$ .



Tensione dell'hold-off verde.  
Arriva al valore massimo, gate dà valore  
basso. Ma grazie al hold-off somma  
quattro pulsanti per mascherare impulsi  
eventuali. Perché se faccio partire una rampa  
sfreccia solo una parte dello schermo.

Rampa richiede un certo tempo per  
ritornare a 0. Quindi gate genera  
versone che fa scorrere il generatore.  
Se voglio comunque mascherare impulsi  
durante tempo di ritorno

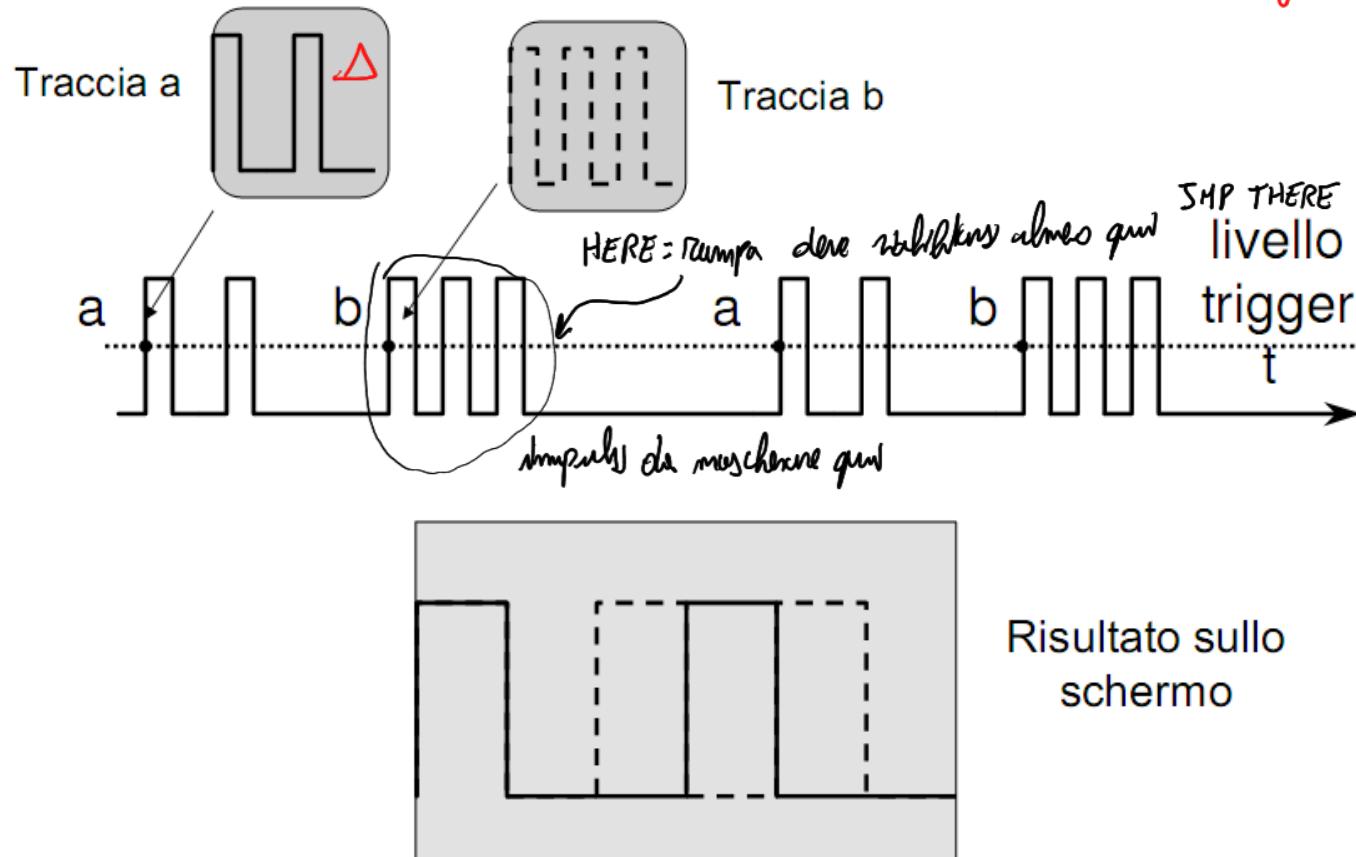
# Base dei tempi

- segnale di ingresso di periodo  $T_y$
- condizione per traccia stabile  
$$T_x = \tau_a + \tau_b + \tau_c = m T_y$$
- $m$  intero positivo
- periodo  $T_x$  scomposto in tre sotto-intervalli:
  - $\tau_a$ : intervallo di visualizzazione
  - $\tau_b$ : tempo ripristino condizioni iniziali
  - $\tau_c$ : tempo di attesa necessario per la sincronizzazione  
 $\tau_a$  non necessariamente legato  $T_y$
- hold-off influisce su  $\tau_b$ : la variazione dell'intervallo  $\tau_b$  tra un minimo e un massimo facilita la sincronizzazione

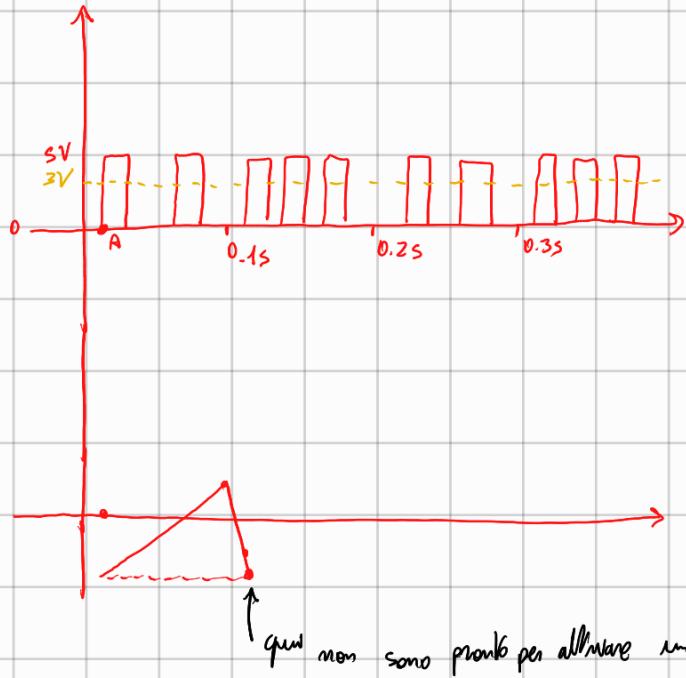
# Hold-off (ritenuta di trigger)

## Problema: ambiguità di sincronismo

Segnali digitali: Sequenza di impulsi periodici.  
Voglio vedere solo parte A.  
SHP START



START:



A intervallo di 0.1s comincia l'onda d'onda

Trigger = 3V, con tempo di visualizzazione 0.1s

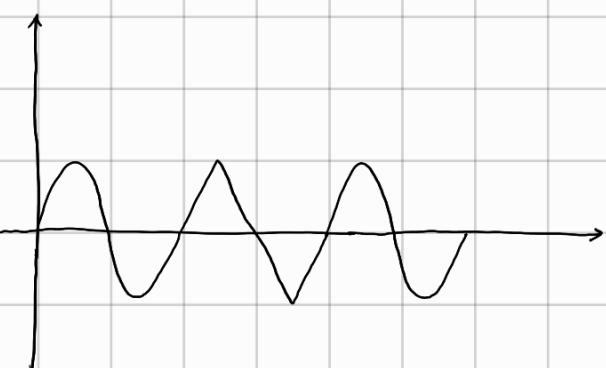
A corrisponde a 0 secondi. Voglio visualizzare solo quello scatena A.

La prima volta visualizzato  $\Delta$

Dovrò quindi memorizzare per un intervallo di tempo la presenza degli impulsi. JMP HERE

THERE:

Stessa cosa per un segnale analogico:

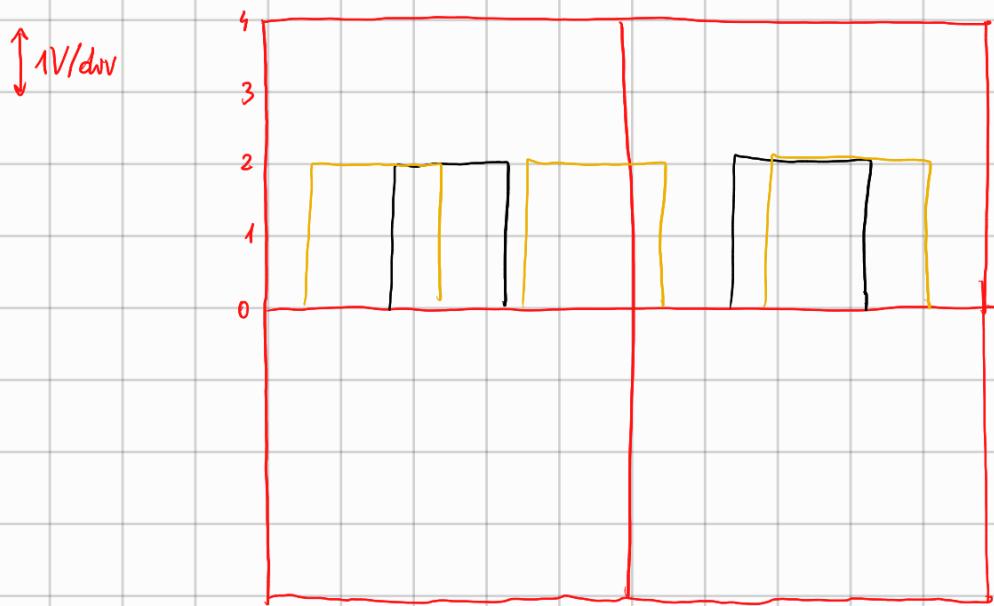


quindi devo manipolare  $T_c$  per capire quando devo avviene

gli eventi del trigger.

①

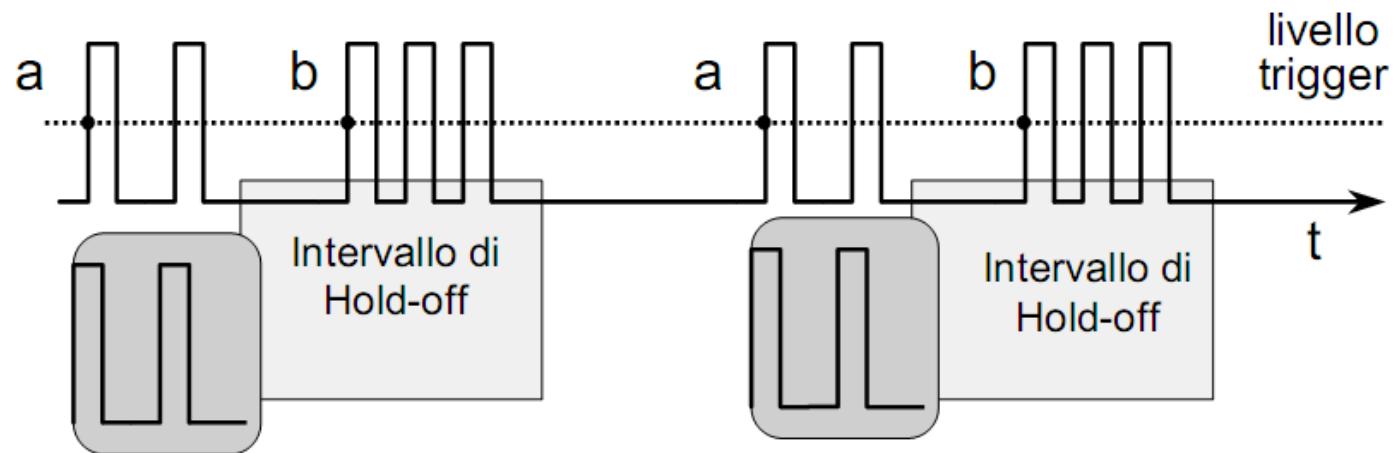
Casino.



RETURN

# Hold-off

**Soluzione:  
impiego del comando  
HOLD OFF**



Introduce un tempo dopo la visualizzazione durante il quale il trigger è 'accecato' e non fa partire la traccia

- È indicato in frazione dell'intervallo visualizzato

# Blocco Gate

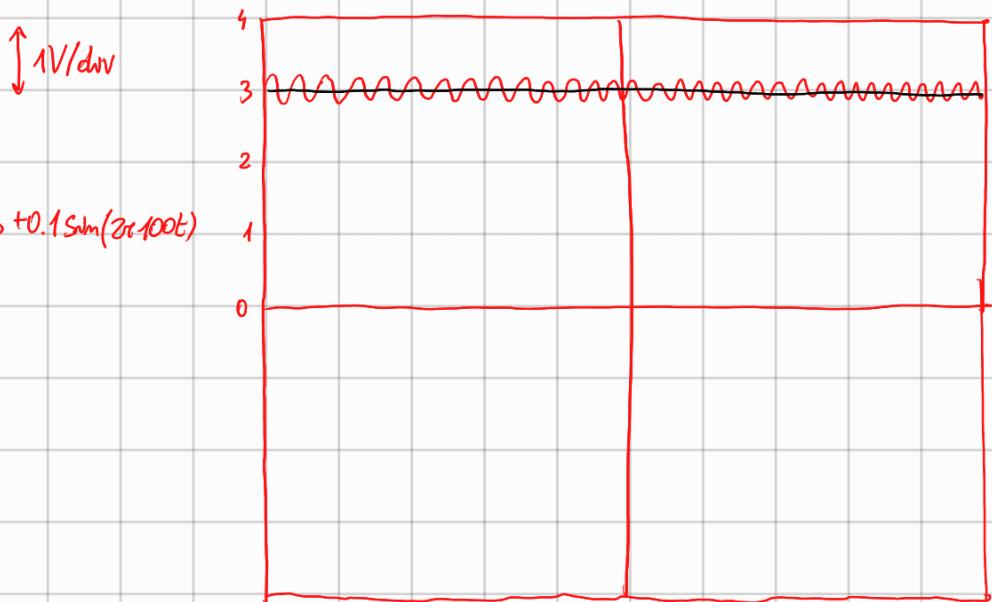
## Modalità AUTO

Rampa parallela indipendente da generazione di trigger: ma come se forma un'onda.

- Il gate, senza tener conto se ci sono o meno impulsi in ingresso, periodicamente si attiva determinando la partenza della rampa
- $V_c$  è un'onda quadra indipendente da impulsi di trigger
- Rampa periodica e visualizzazione senza sincronia
- Si visualizza sempre qualcosa
- Possibile, ma estremamente improbabile, la sincronizzazione  
Vedo segnale e regolo trigger. Mi sente come mozione esplorativa.

## Modalità SINGLE

- oppure one-shot o single-sweep Una sola spazzolatura
- Ogni singola spazzolata richiede la abilitazione mediante un comando esterno (es. pressione di un pulsante)



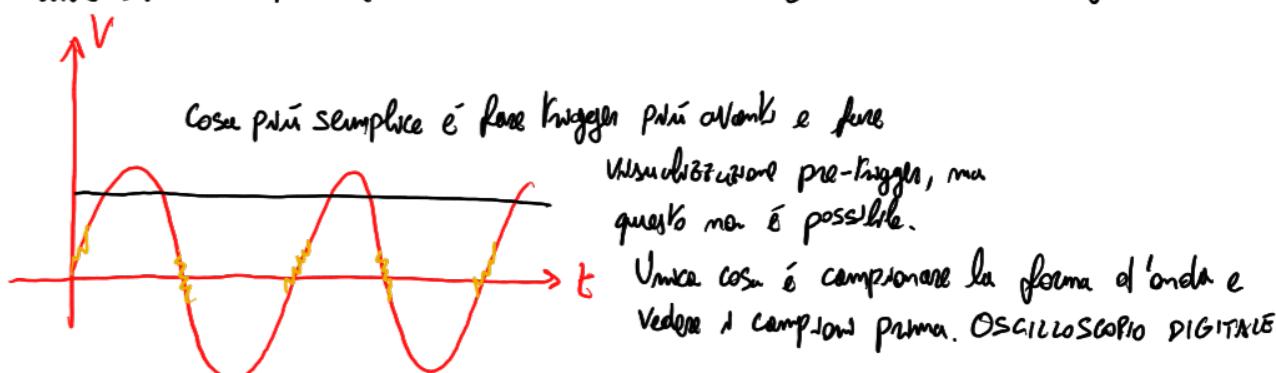
In modulazione normale dove le lunghezze dei tratti sono proporzionali alle ampiezze.

# Oscilloscopio analogico

## Punti deboli

- Visualizzazione solo segnali ripetitivi
- Visualizzazione solo post trigger *Vedo solo cosa succede dopo. Non prima.* ①
- Impossibilità di memorizzazione
- Tutti i blocchi funzionali sono in cascata
  - Qualsiasi prestazione dello strumento non può superare la più modesta delle prestazioni dei singoli blocchi
- Delicatezza (e costo) del CRT vettoriale

① Supponi di avere stimabile portante su cui vuoi a sommare degli altri. Per bene degli impatti.

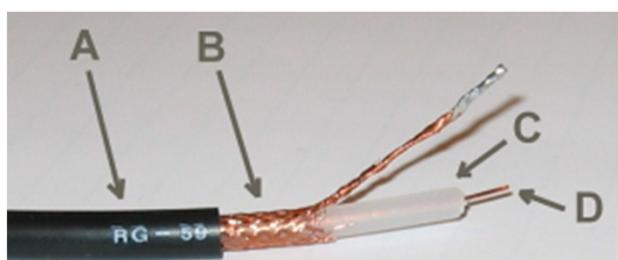


# Sonde per oscilloscopio

Per la connessione dell'oscilloscopio al circuito di misura vengono utilizzate delle sonde di tensione (anche detti puntali) o sonde di corrente (tipicamente a pinza), collegamenti con cavi coassiali (elevata immunità EM) con terminazione a BNC



Cavo coassiale



Cavo coassiale RG 59

- A: guaina esterna di plastica
- B: maglia di rame intrecciata o massa
- C: isolante dielettrico interno
- D: nucleo di rame o polo caldo

Sonda di Tensione

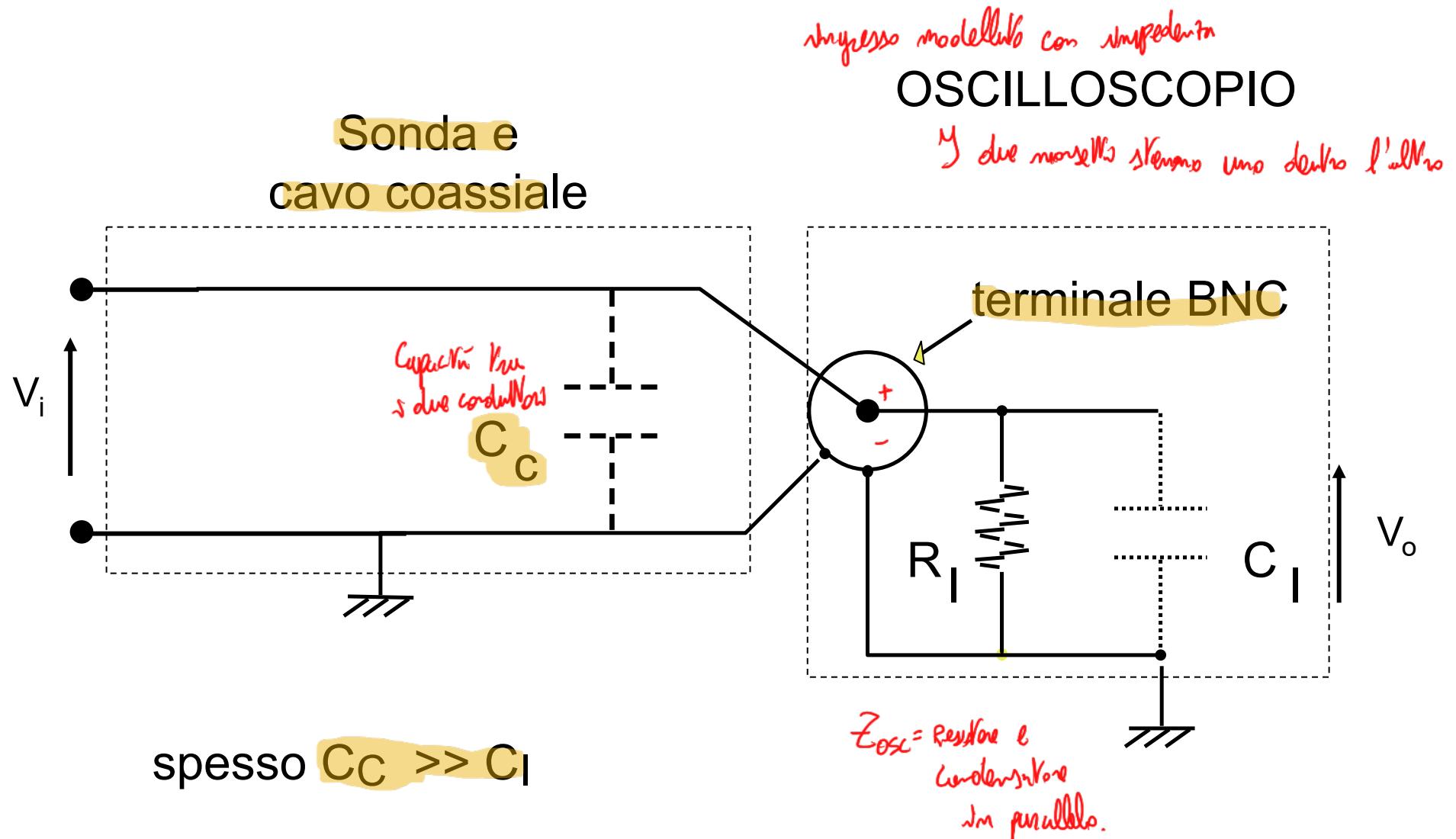


Connettori  
BNC



*Conduttore interno + rivestimento di plastico/mylon (isolante). Poi un altro conduttore fatto da rete di rami folti. Cavo coassiale: hanno lo stesso asse. Molto più attenuanti e distorsioni. Per la disp. geometrica, uno funge da guida di Phasor per l'altro. No legge di Lenz*

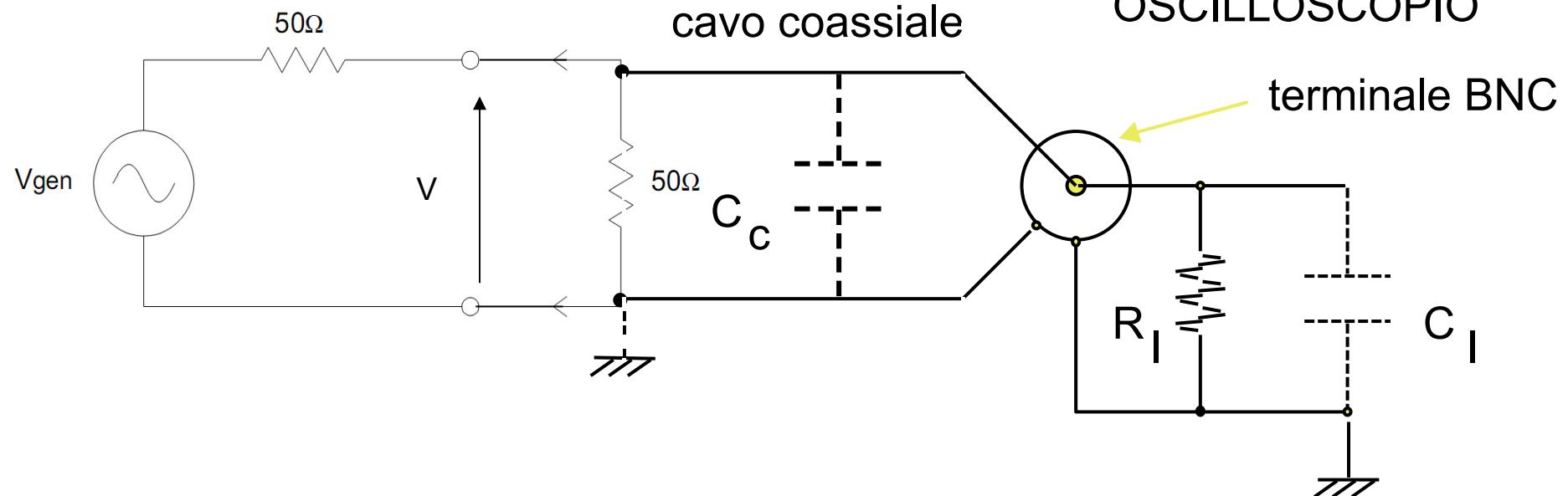
# Sonde per l'oscilloscopio



# Effetto di carico dell'oscilloscopio

*Si genera circuito che contiene elementi dinamici che modifica contenuto spettrale del segnale, a causa di  $C_C$  e  $C_I$ . Come risolvere?*

Circuito di esempio

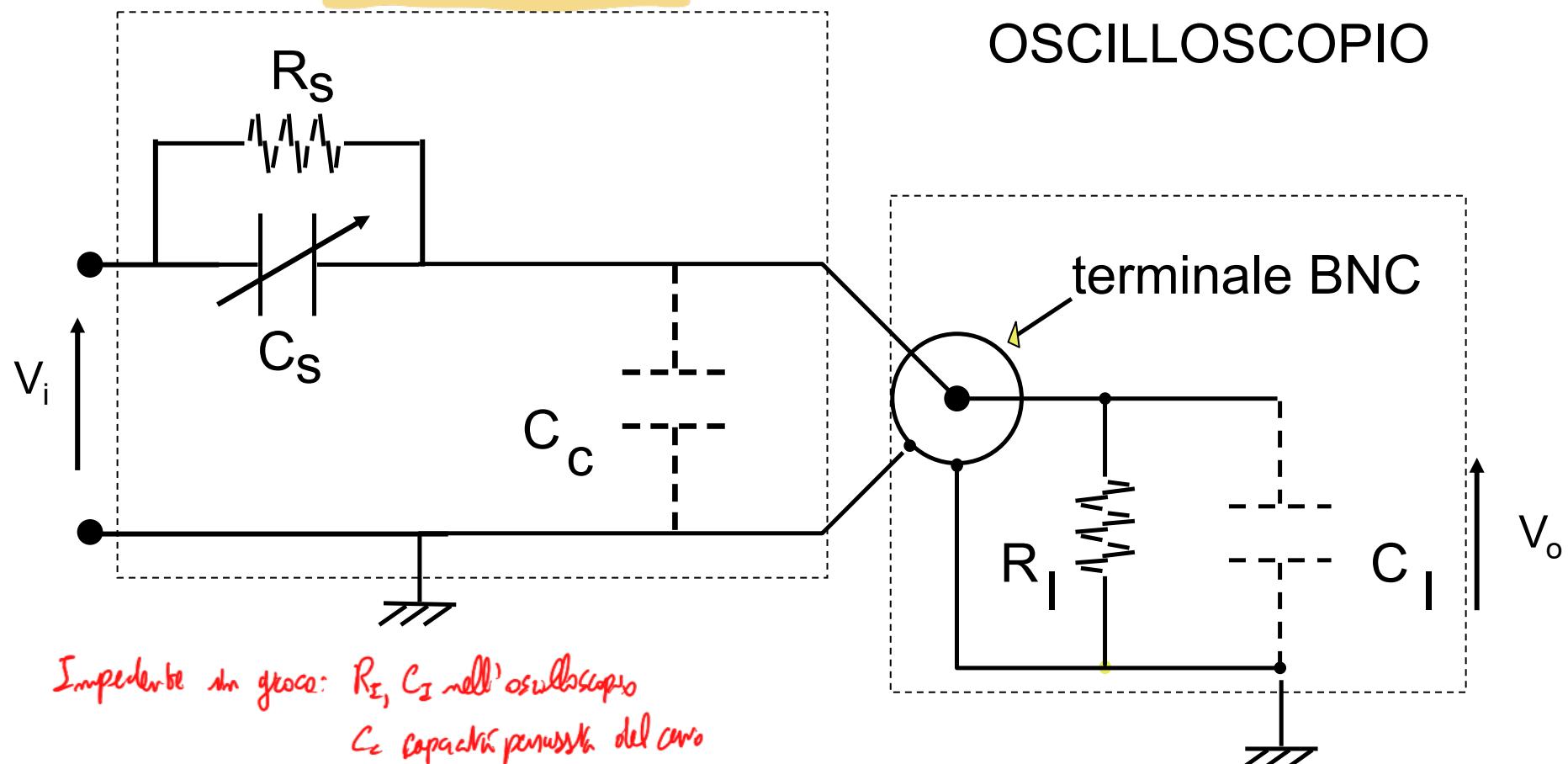


$R_I$  è  $50\Omega$  oppure un valore molto elevato (es. $1M\Omega$ )  
con effetti di carico completamente diversi

# Sonde Compensate

Sonda compensata e  
cavo coassiale

Possiedono  
impedenza serie  
che bilancia effetto di  $C_C$ , essendo  $C_S$  variabile.



Impedenza di grado:  $R_I, C_I$  nell'oscilloscopio

$C_C$  capacità parassita del cavo

$C_S$  e  $R_S$  da inserire al per bilanciare  $C_C$  e  $C_I$ .

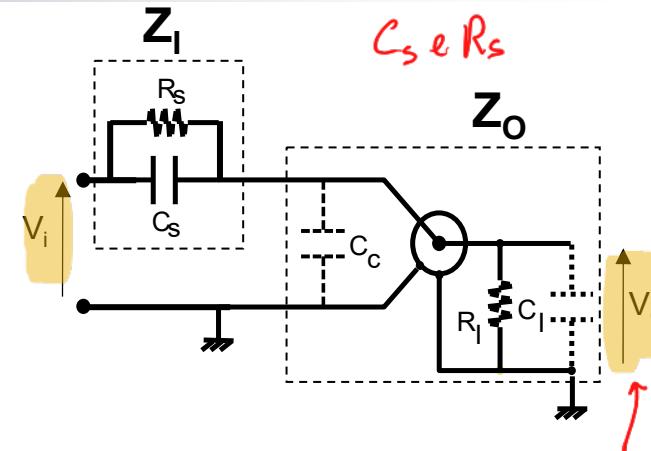
$Z_0$  = parallelo tra  $C_C, C_S$  e  $R_S$

$Z_I$  = parallelo tra  $C_S$  e  $R_S$  45

# Sonde Compensate

$$C_o = C_I + C_C$$

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{Z_0}{Z_0 + Z_i} = \frac{\frac{R_I}{1 + j\omega R_I C_0}}{\frac{R_I}{1 + j\omega R_I C_0} + \frac{R_s}{1 + j\omega R_s C_s}}$$



Scrivere  
sulla scherm  
dell'oscilloscopio

Voglio visualizzare  $V_I$ .

variando opportunamente  $C_I$  si può ottenere

Selego  $C_S$  in modo  
che avrei questo

$$R_I C_0 = R_s C_s \rightarrow$$

$$\frac{V_0}{V_i} = \frac{R_I}{R_I + R_s}$$

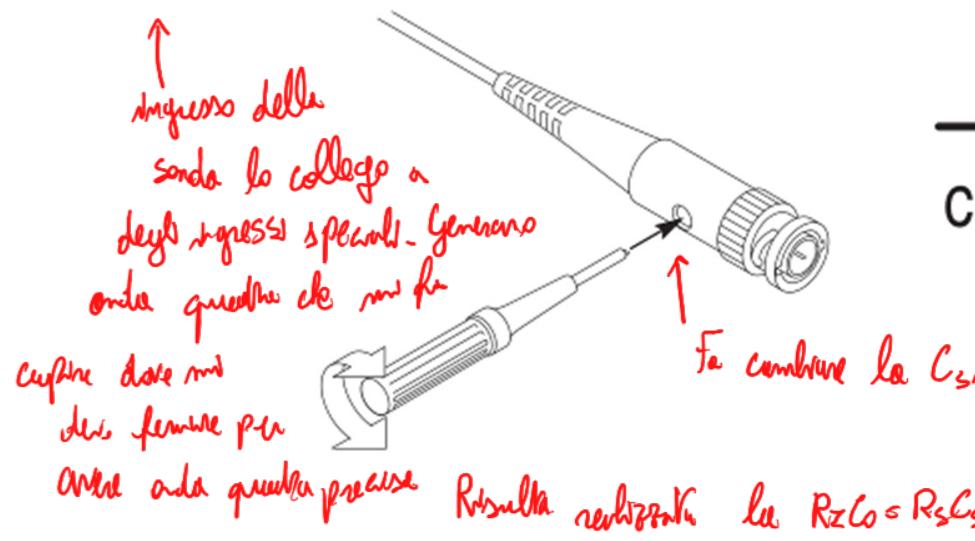
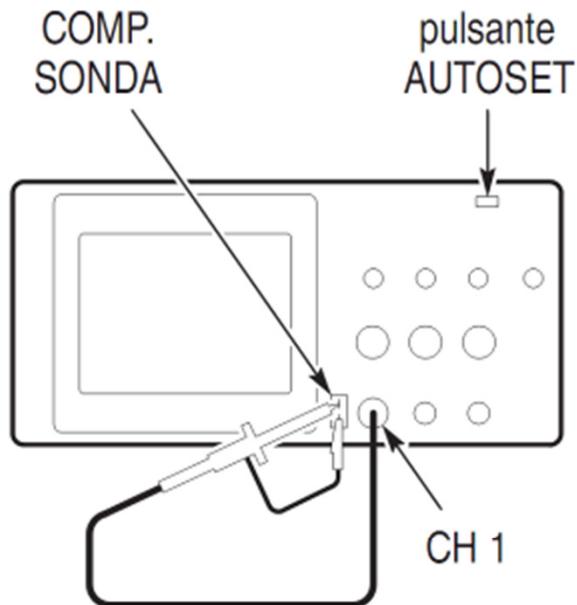
Tutte si semplificano.

ottenendo un rapporto indipendente da  $\omega$   
(banda teoricamente infinita)

ho teoricamente banda infinita

Se selego  $R_s$  in maniera opportuna so  
esattamente quanto vale nel rapporto.  $R_I$  è molto  
 $R_s$  certificato dal sondino.

# Compensazione sonda



sovracompensato



sottocompensato



compensato correttamente