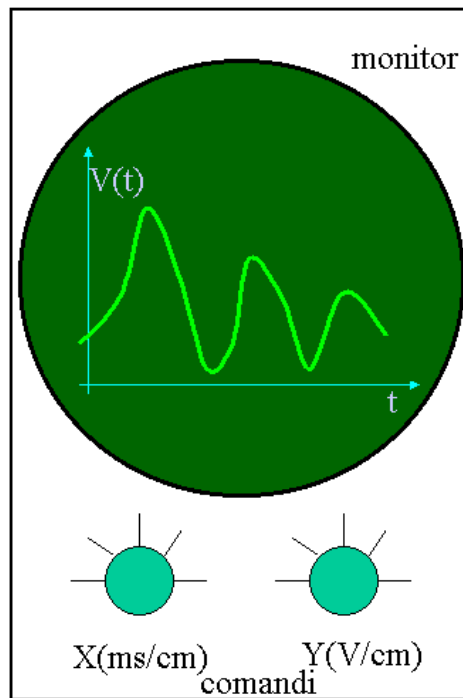


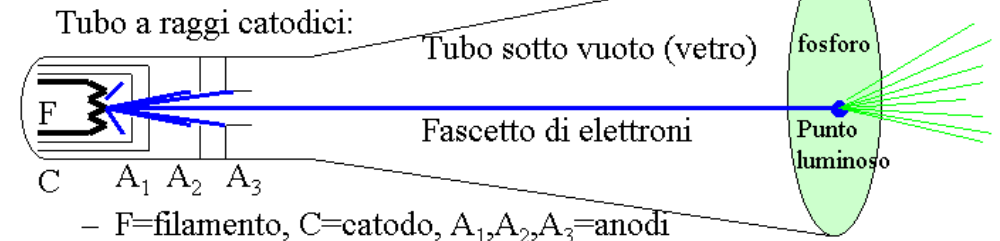
L' oscilloscopio

- E' lo strumento piu' utilizzato per studiare grandezze elettriche variabili nel tempo.
- Ha uno schermo sul quale viene visualizzato il grafico della grandezza in funzione del tempo:
- Grazie ai comandi accessori possono essere variate le scale del grafico in un grande intervallo di valori, in modo da visualizzare segnali lenti o veloci, di grande o piccola ampiezza.



L' oscilloscopio analogico

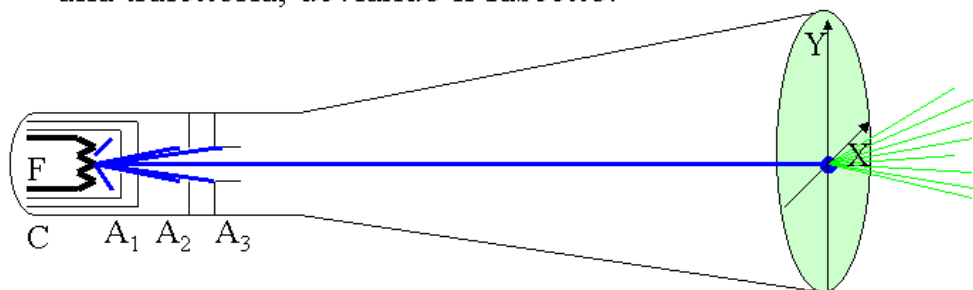
- Nell' oscilloscopio analogico la visualizzazione viene ottenuta focalizzando un fascetto di elettroni in diversi punti di uno schermo ricoperto di materiale fosforescente. Arrivando nel centro dello schermo gli elettroni cedono la loro energia agli atomi del fosforo, che poi si diseccitano producendo fotoni e generando cosi' un puntino luminoso.



- Gli elettroni, emessi dal filamento incandescente, vengono accelerati dagli anodi fino a circa 1 keV.

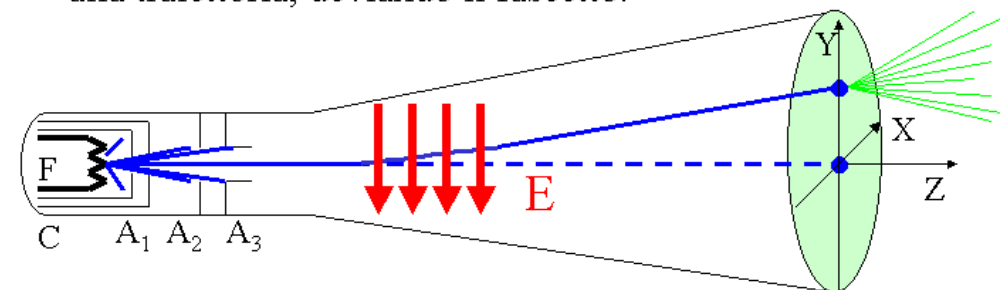
L' oscilloscopio analogico

- La posizione del punto luminoso sullo schermo puo' essere modificata deviando la traiettoria del fascetto di elettroni all' interno del tubo.
- Ad esempio, applicando un campo elettrico ortogonale al fascetto, si esercita una forza in direzione ortogonale alla traiettoria, deviando il fascetto.



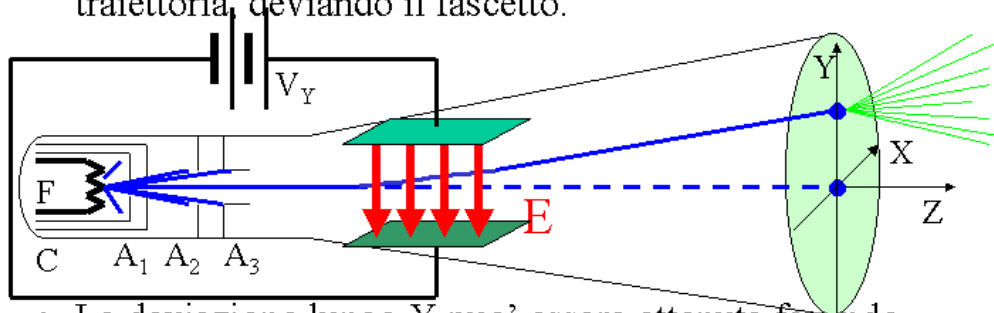
L' oscilloscopio analogico

- La posizione del punto luminoso sullo schermo puo' essere modificata deviando la traiettoria del fascetto di elettroni all' interno del tubo.
- Ad esempio, applicando un campo elettrico ortogonale al fascetto, si esercita una forza in direzione ortogonale alla traiettoria, deviando il fascetto.



L' oscilloscopio analogico

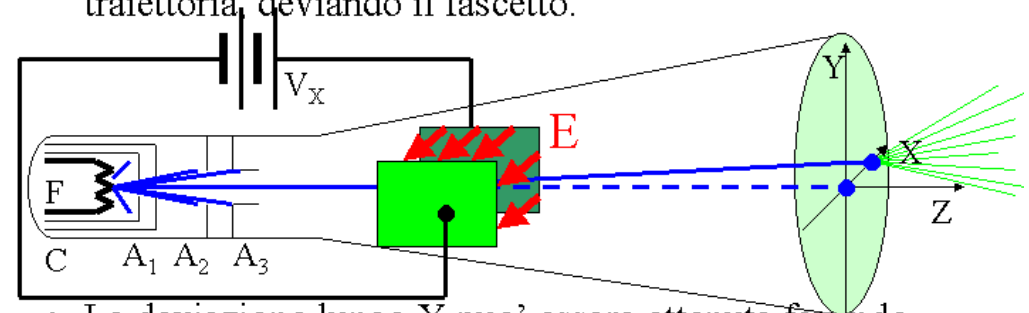
- La posizione del punto luminoso sullo schermo puo' essere modificata deviando la traiettoria del fascetto di elettroni all' interno del tubo.
- Ad esempio, applicando un campo elettrico ortogonale al fascetto, si esercita una forza in direzione ortogonale alla traiettoria, deviando il fascetto.



- La deviazione lungo Y puo' essere ottenuta facendo passare il fascetto tra le due armature di un condensatore (parallele a XZ) al quale viene applicata una tensione V_Y .

L' oscilloscopio analogico

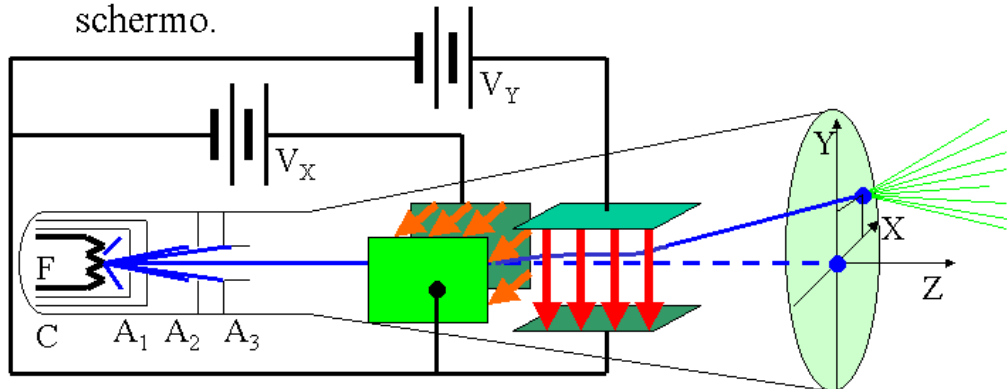
- La posizione del punto luminoso sullo schermo puo' essere modificata deviando la traiettoria del fascetto di elettroni all' interno del tubo.
- Ad esempio, applicando un campo elettrico ortogonale al fascetto, si esercita una forza in direzione ortogonale alla traiettoria, deviando il fascetto.



- La deviazione lungo X puo' essere ottenuta facendo passare il fascetto tra le armature di un altro condensatore (parallelo a ZY) al quale viene applicata una tensione V_X .

L' oscilloscopio analogico

- Nel tubo catodico sono presenti ambedue i condensatori (detti placchette di deflessione).
- Combinando opportunamente le tensioni V_x e V_y si puo' spostare il puntino luminoso in un punto qualsiasi dello schermo.



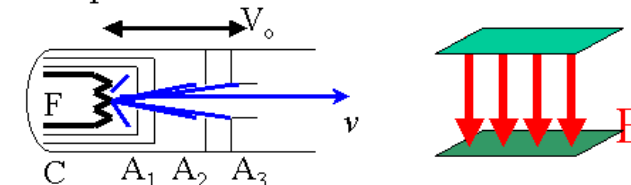
- Le deflessioni sono proporzionali alle tensioni V_x e V_y applicate alle placchette.

L' oscilloscopio analogico

- Colleghiamo adesso la deflessione sullo schermo alla differenza di potenziale applicata alle placchette di deflessione.
- L' elettrone esce dal catodo e viene accelerato dagli anodi. Se l' ultimo anodo si trova ad un potenziale V_o , l' elettrone acquista una energia $E=eV_o$. E quindi uscirà dal cannone elettronico con una velocita' data da

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV_o \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eV_o}{m}}$$

- Continuera' a muoversi con questa velocita' nel vuoto del tubo a raggi catodici finche' non entrera' nel campo elettrico presente tra le placchette di deflessione.



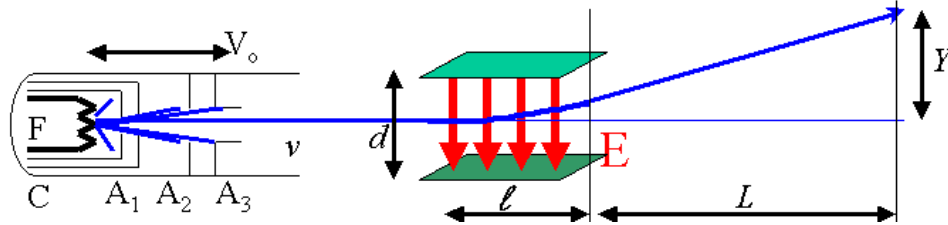
L' oscilloscopio analogico

- Il campo sarà $E=V_y/d$
- Nel campo l' elettrone subirà una forza diretta lungo l' asse y (ortogonale alla sua velocità iniziale) e quindi la traiettoria viene deflessa. Siccome la forza è costante, il moto è uniformemente accelerato lungo y, mentre è uniforme lungo z:

$$y = \frac{1}{2} a_y t^2 \quad \text{con} \quad a_y = \frac{F_y}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{eV_y}{md}$$

$$z = v_o t$$

- Eliminando t si ottiene $y = \frac{1}{2} a_y \frac{z^2}{v_o^2} = \frac{1}{2} \frac{eV_y}{md} \frac{m}{2eV_o} z^2 = \frac{1}{4d} \frac{V_y}{V_o} z^2$



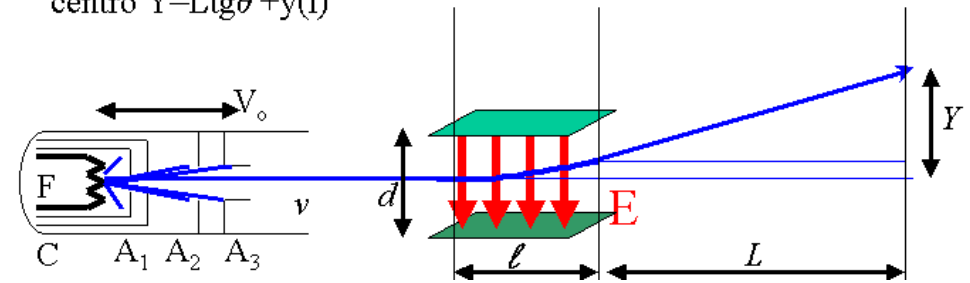
L' oscilloscopio analogico

- All' uscita delle placchette (dopo una distanza l lungo l' asse z) l' elettrone si sarà spostato lungo Y di una quantità

$$y(l) = \frac{1}{4d} \frac{V_y}{V_o} l^2 \quad \text{ed uscirà con un angolo}$$

$$\text{tg}(\theta) = \left. \frac{dy}{dz} \right|_{z=l} = \frac{d}{dz} \left[\frac{1}{4d} \frac{V_y}{V_o} z^2 \right]_{z=l} = \left[\frac{1}{2d} \frac{V_y}{V_o} z \right]_{z=l} = \frac{1}{2d} \frac{V_y}{V_o} l$$

- Quindi dopo una ulteriore distanza L si sposterà ulteriormente lungo Y di $L \text{tg}(\theta)$, ed arriverà sullo schermo ad una distanza dal centro $Y = L \text{tg}(\theta) + y(l)$



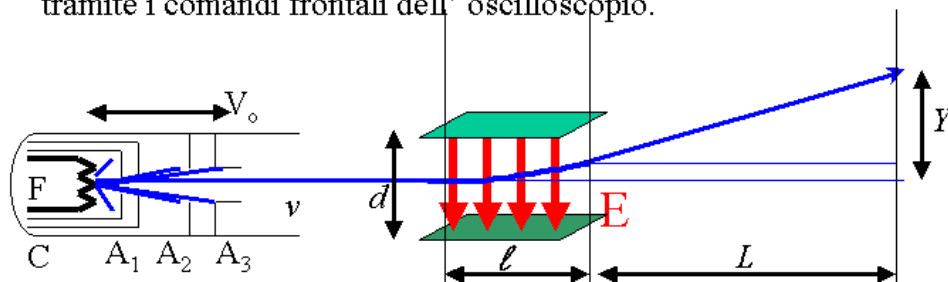
L' oscilloscopio analogico

- Si ottiene quindi

$$Y = y(l) + L \text{tg}(\theta) = \frac{1}{4d} \frac{V_y}{V_o} l^2 + L \frac{1}{2d} \frac{V_y}{V_o} l = \frac{1}{2d} \frac{l}{V_o} \left[\frac{l}{2} + L \right] V_y$$

$$Y = D V_y$$

- La deflessione Y è quindi proporzionale alla differenza di potenziale V_y . Lo stesso discorso si può fare per X. La costante D è detta fattore di deflessione (in cm/V) e può essere regolata tramite i comandi frontali dell' oscilloscopio.



L' oscilloscopio analogico

- Normalmente si vuole studiare una tensione variabile nel tempo $V(t)$. Lo si fa connettendola all' ingresso verticale, in modo che la deflessione verticale del punto luminoso sullo schermo sia

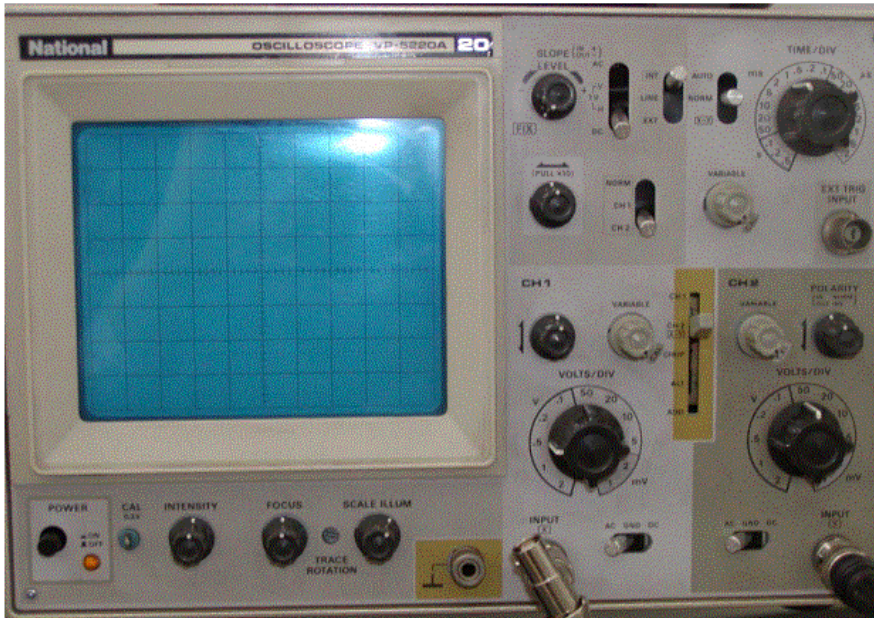
$$Y = D_y V(t)$$

- Contemporaneamente viene generata internamente all' oscilloscopio una tensione V_x a dente di sega:

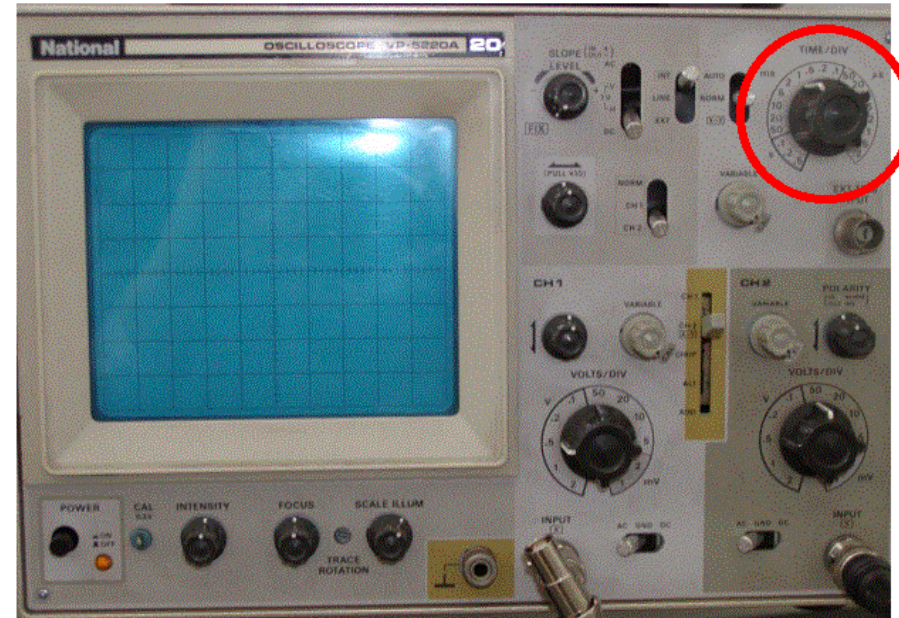
$$X = D_x t$$

- Quindi la tensione da studiare provoca lo spostamento verticale del punto luminoso, e contemporaneamente questo si sposta a velocità costante orizzontalmente. Il risultato è un grafico della tensione in funzione del tempo.
- Ovviamente, il fattore di deflessione orizzontale va regolato in modo da poter osservare tutte le variazioni del segnale $V(t)$, e quello verticale va regolato in modo che l' ampiezza della deflessione sia sufficiente alla visualizzazione.

L' oscilloscopio analogico

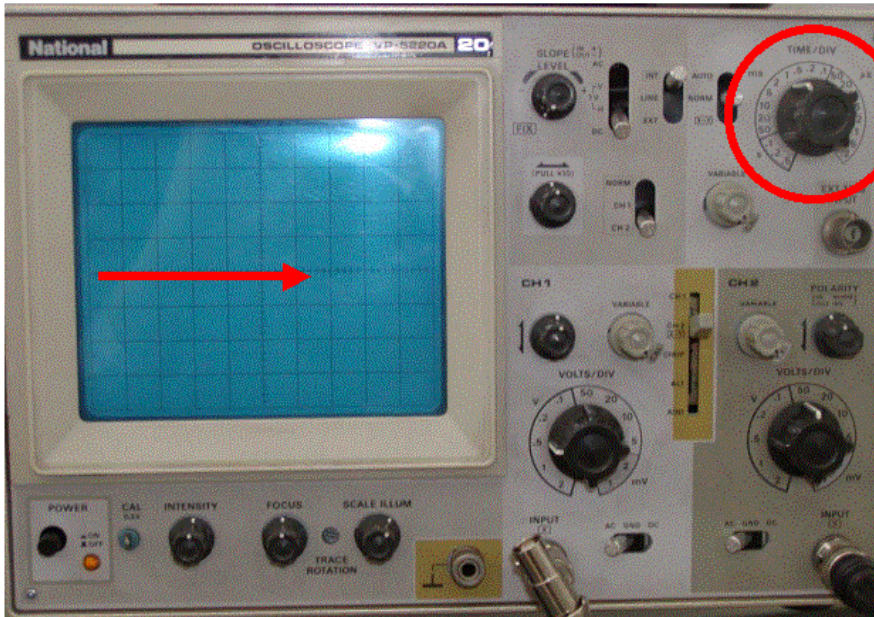


L' oscilloscopio analogico



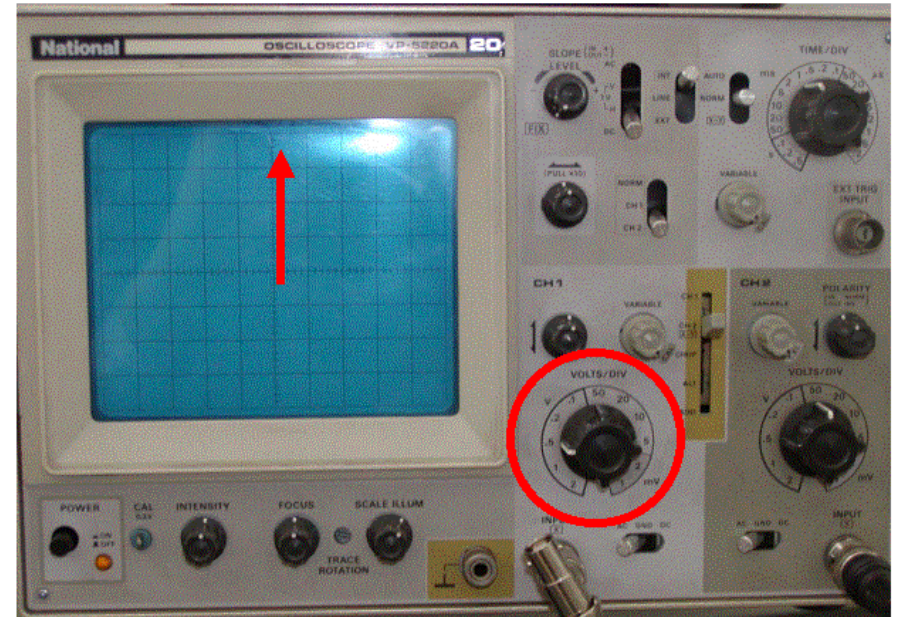
Periodo del dente
di sega, da 0.5s a 0.2 μ s
per quadretto

L' oscilloscopio analogico

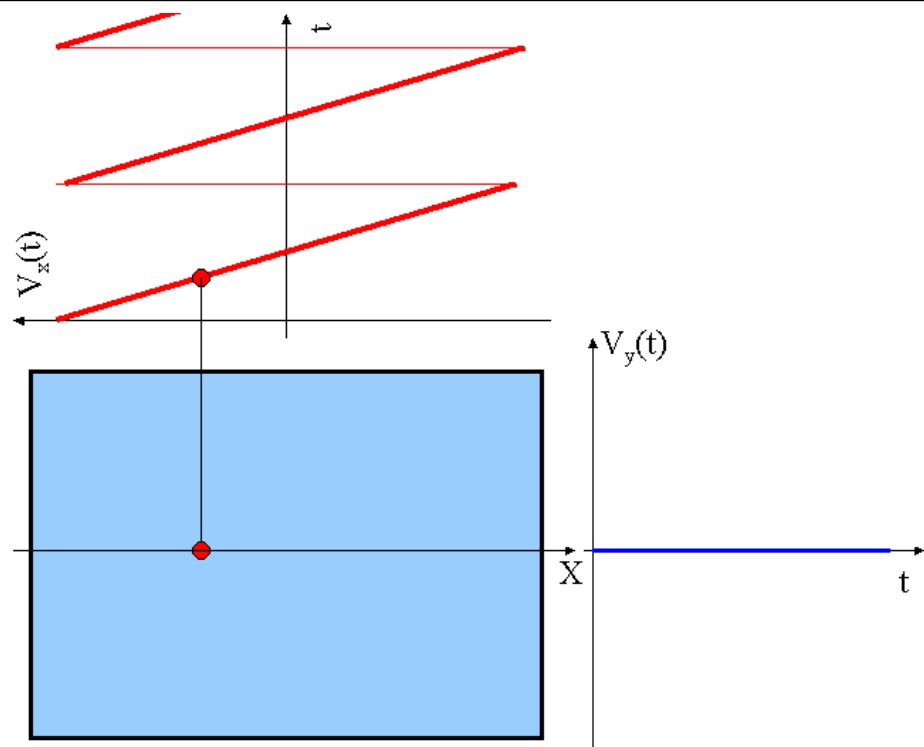
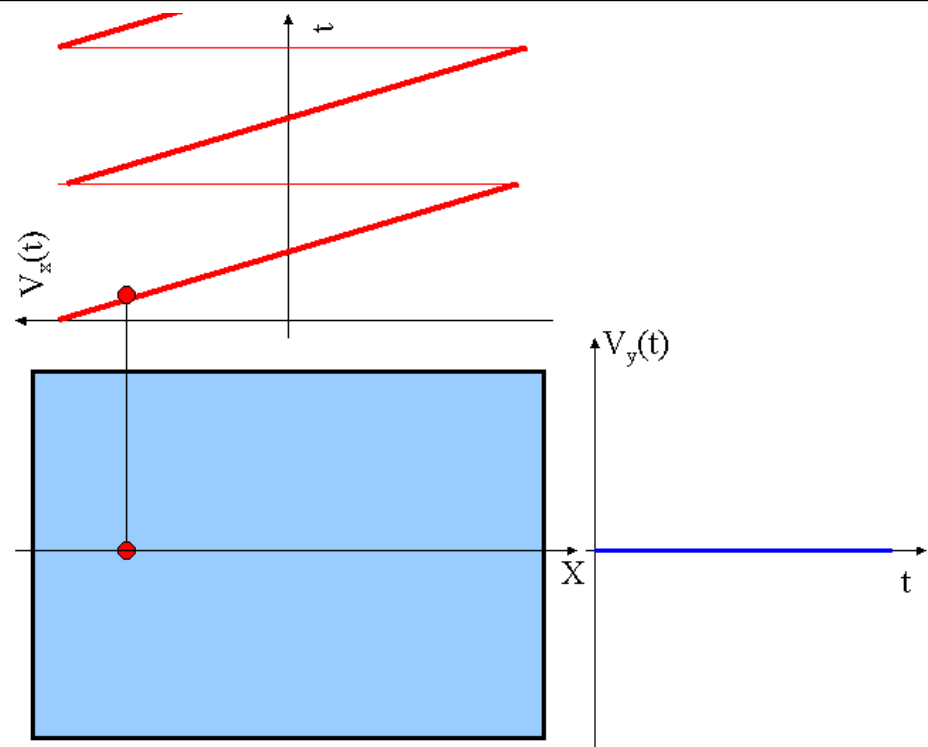
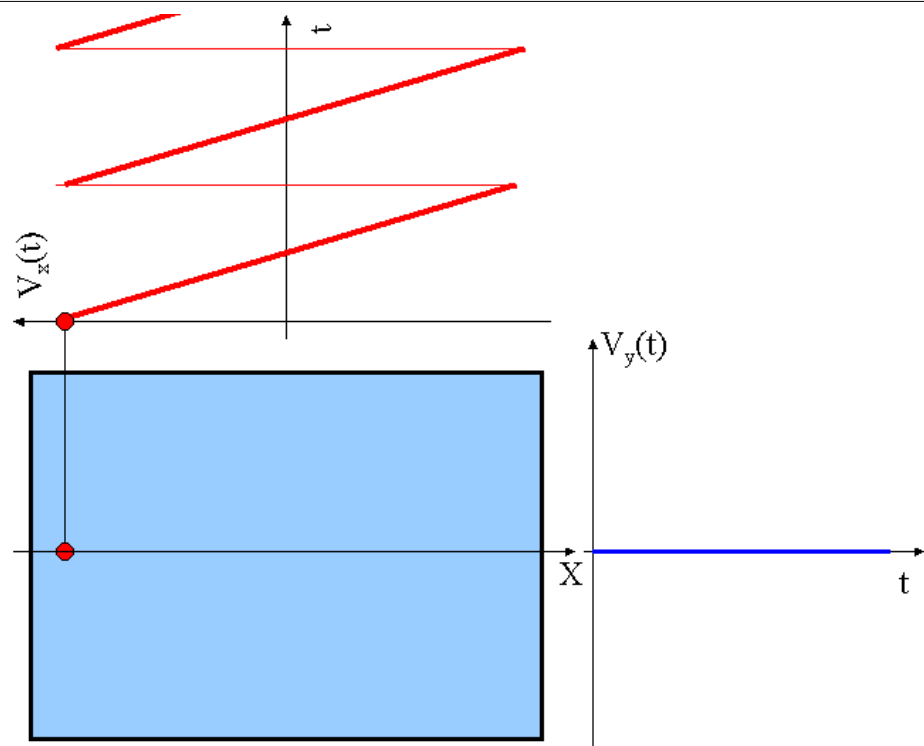
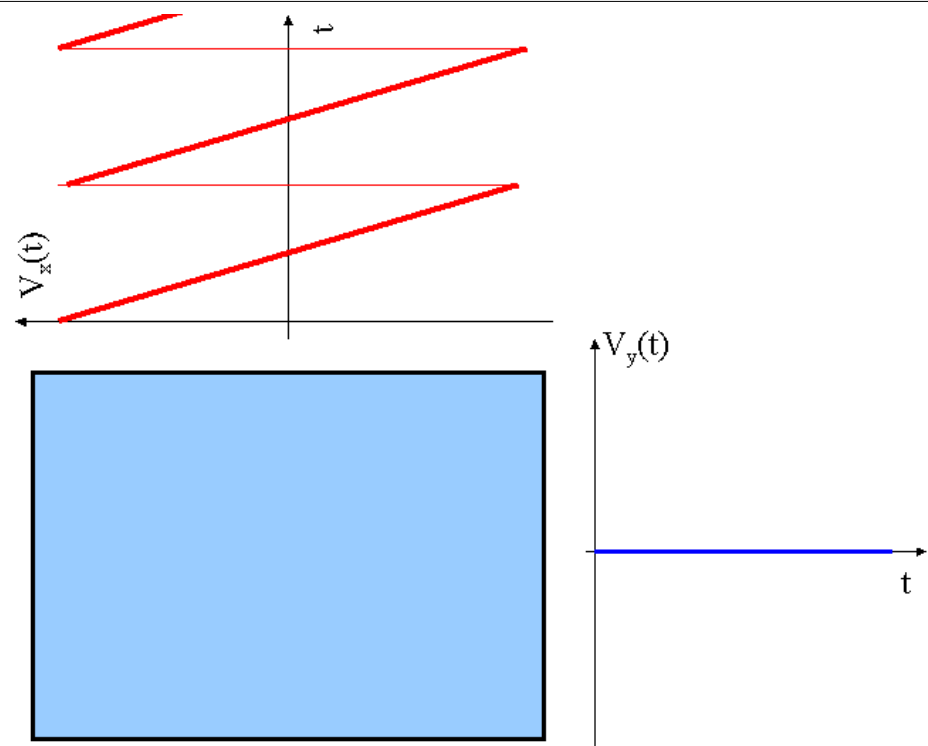


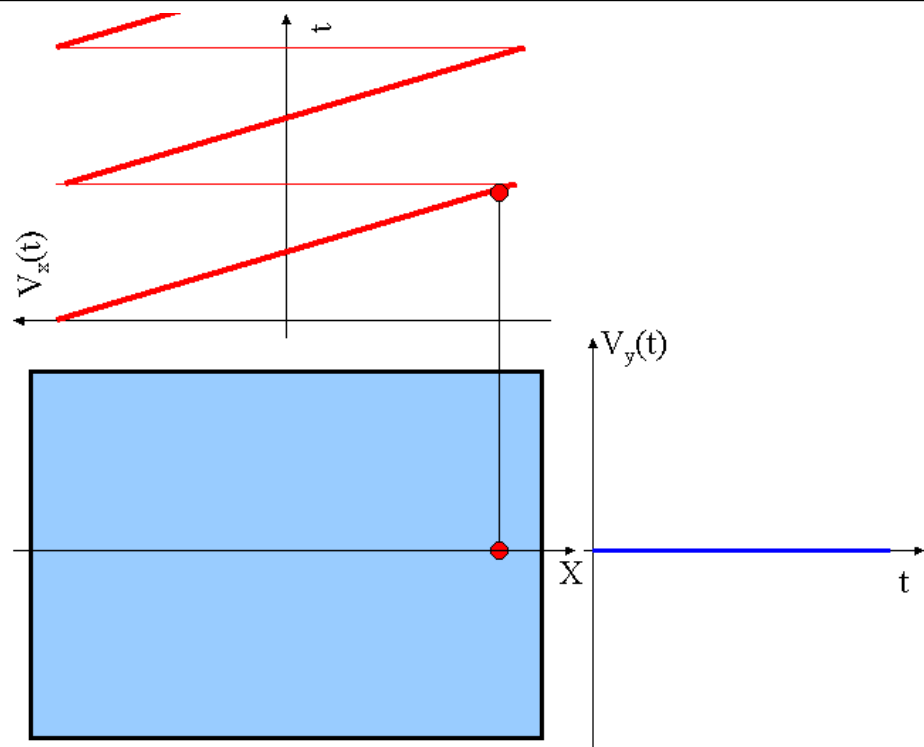
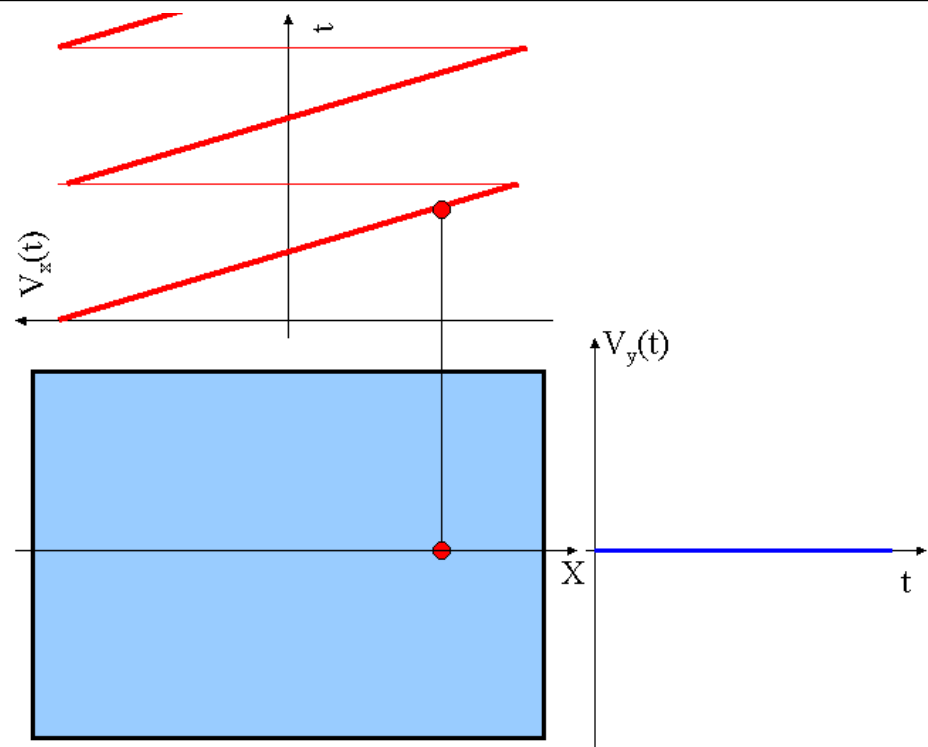
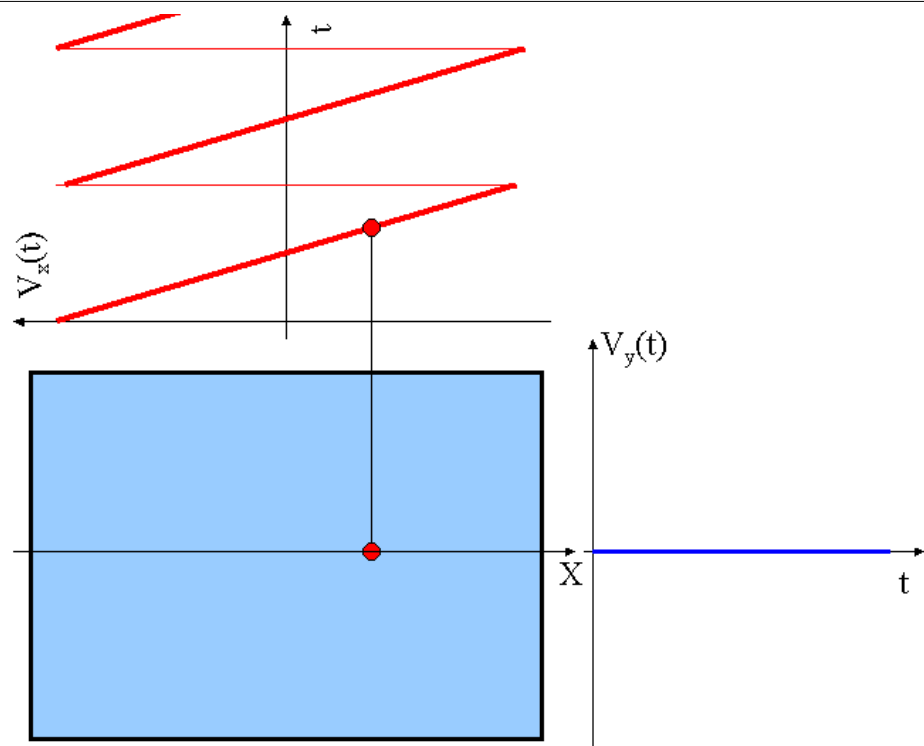
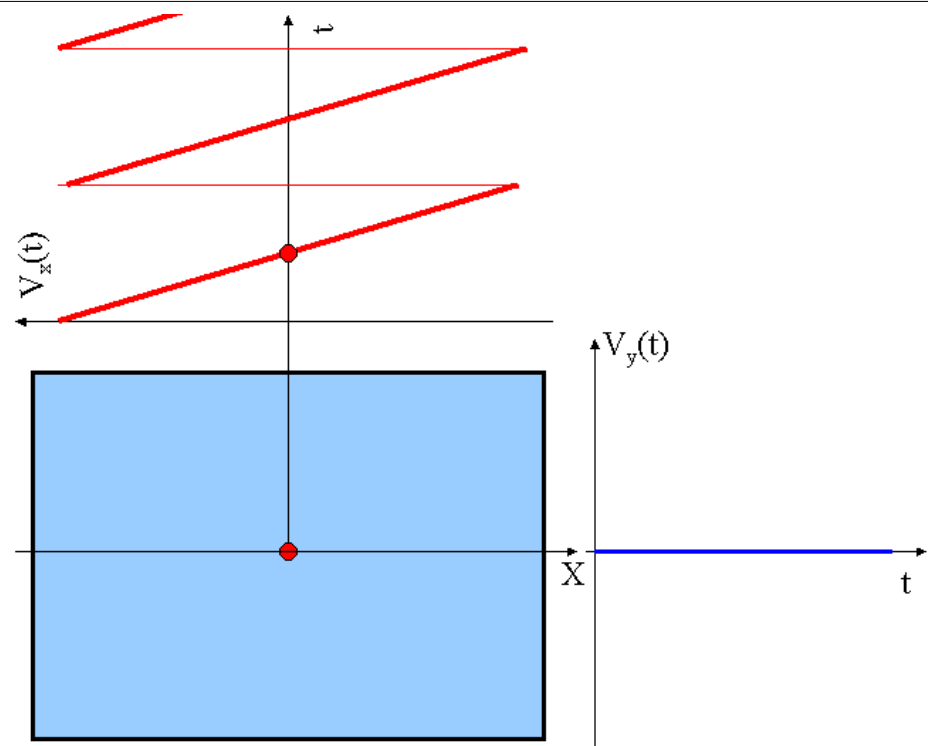
Periodo del dente
di sega, da 0.5s a 0.2 μ s
per quadretto

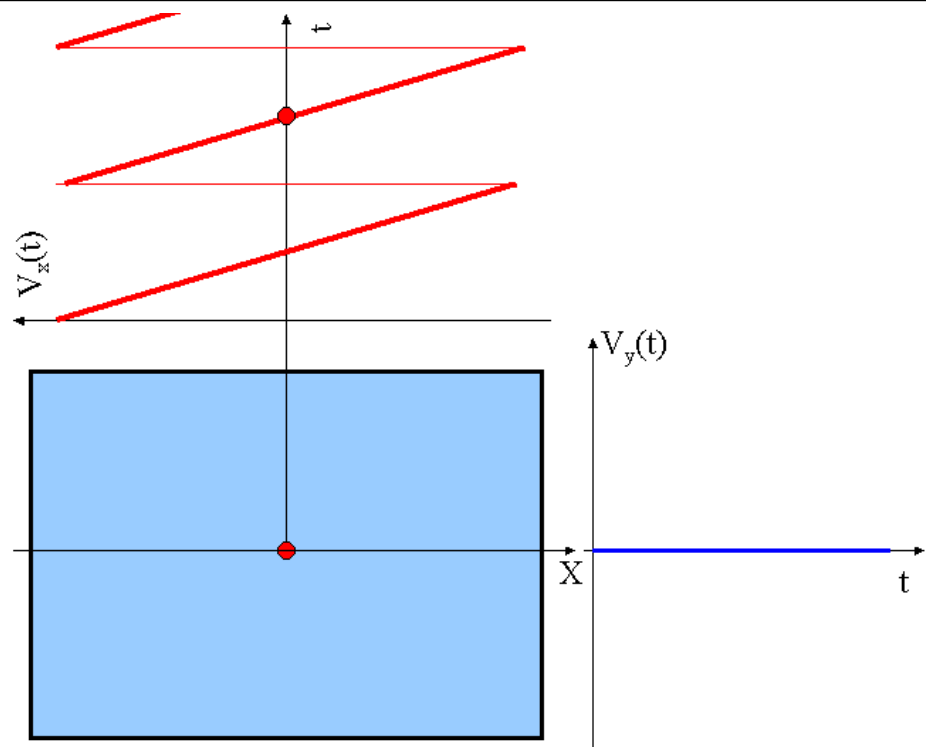
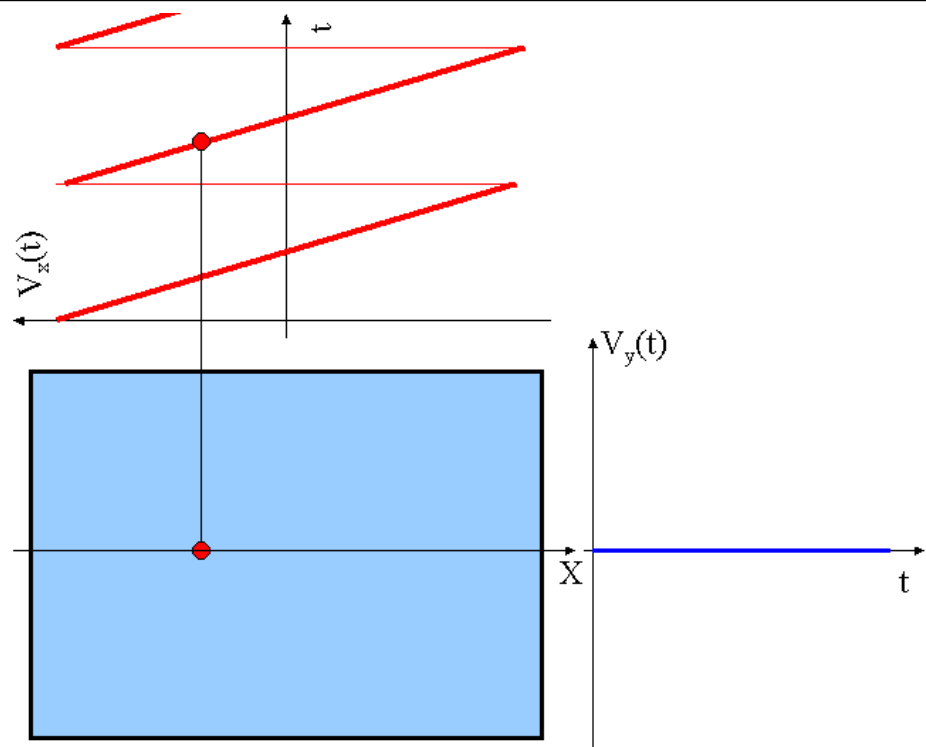
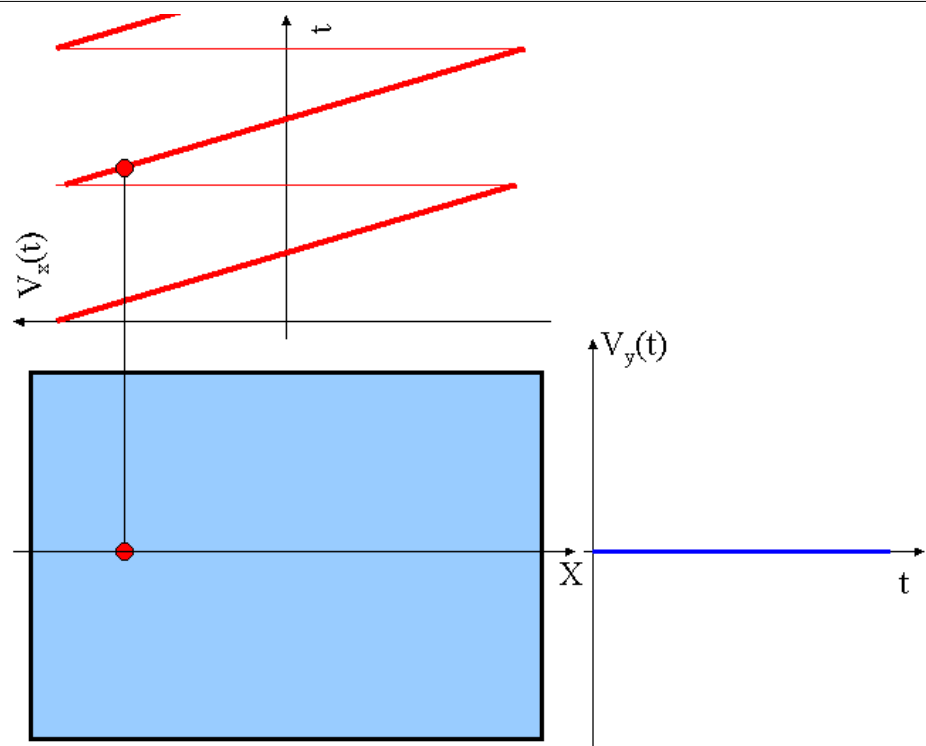
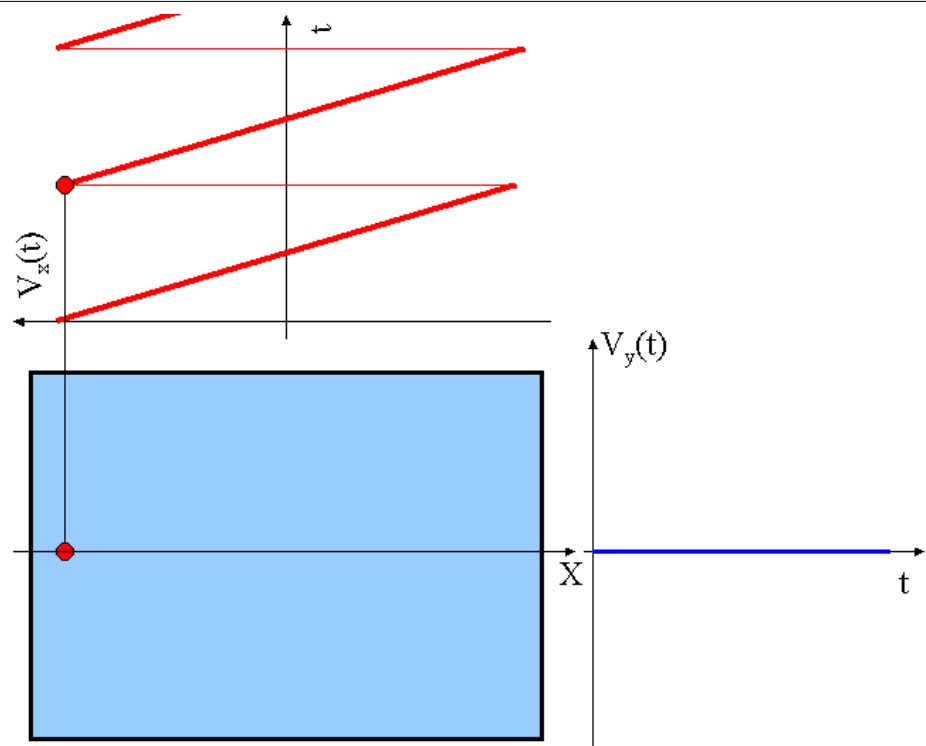
L' oscilloscopio analogico

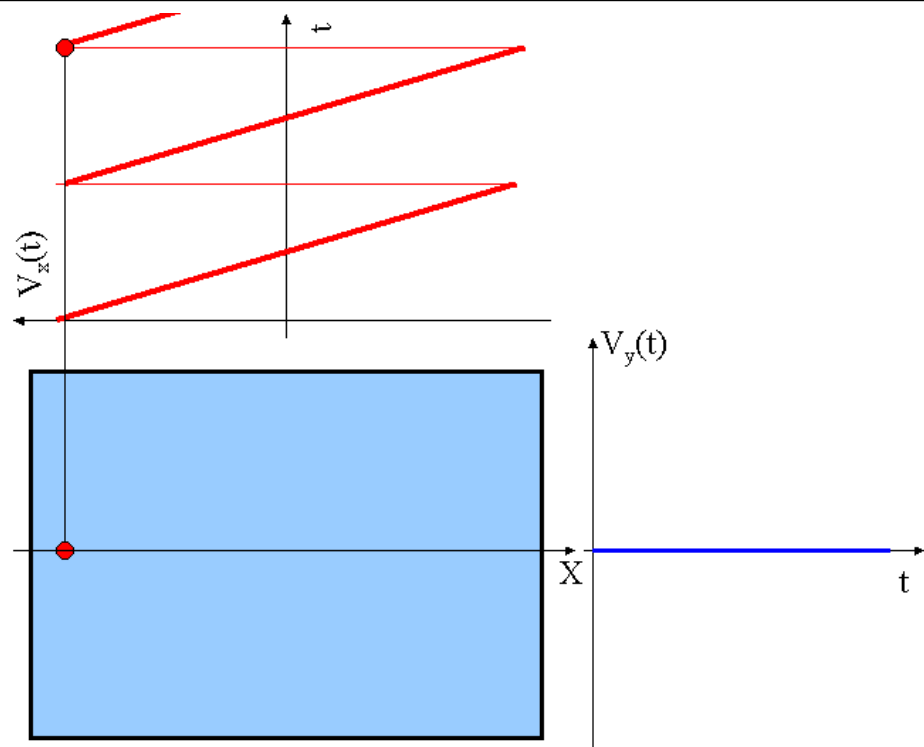
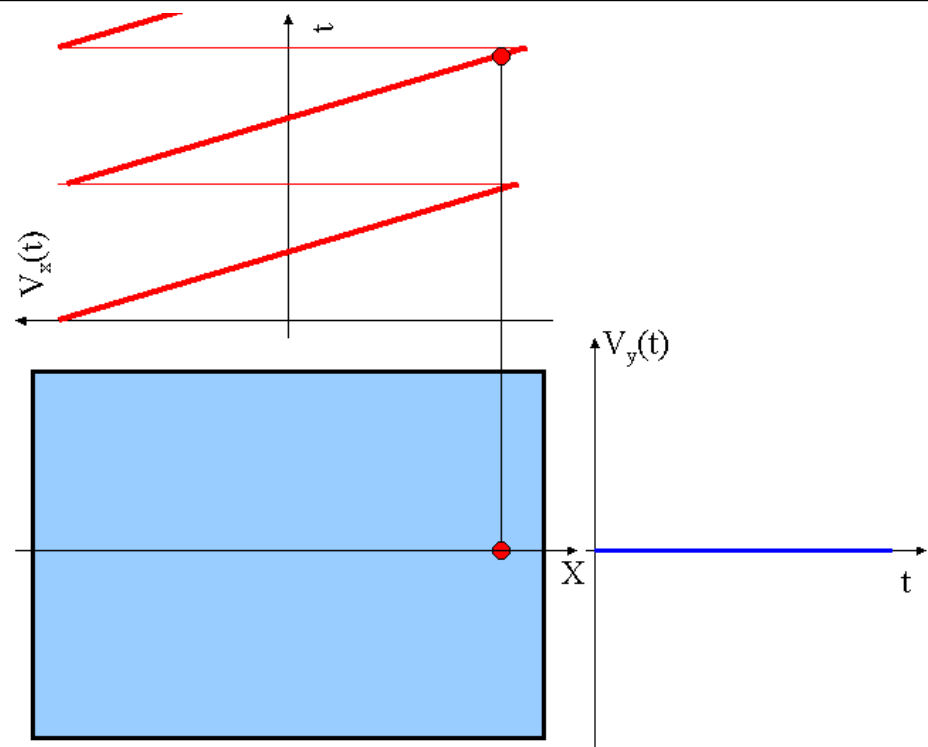
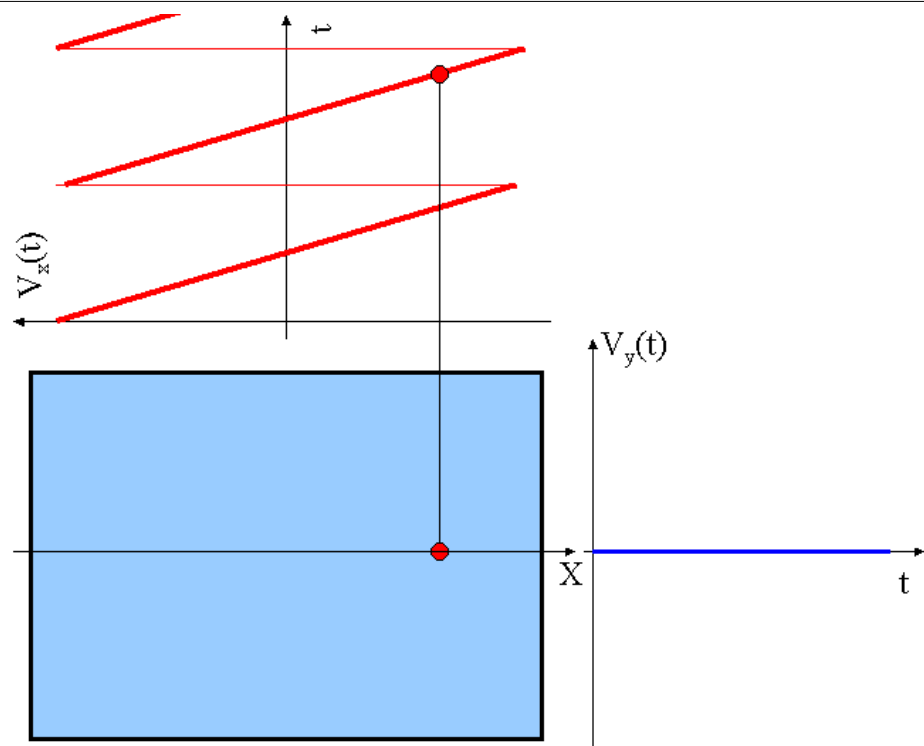
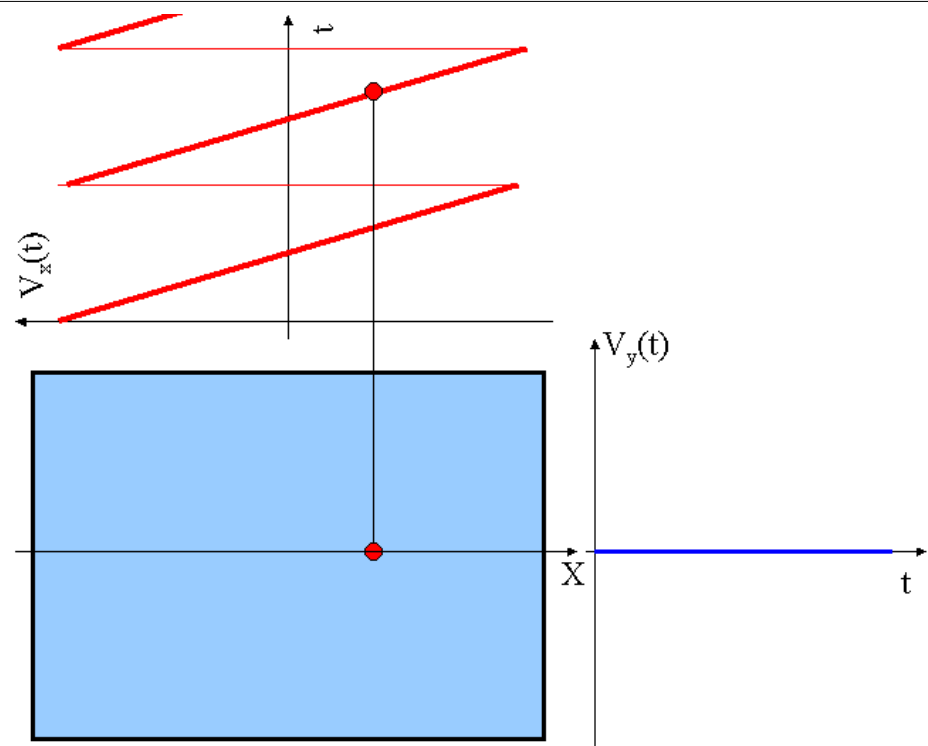


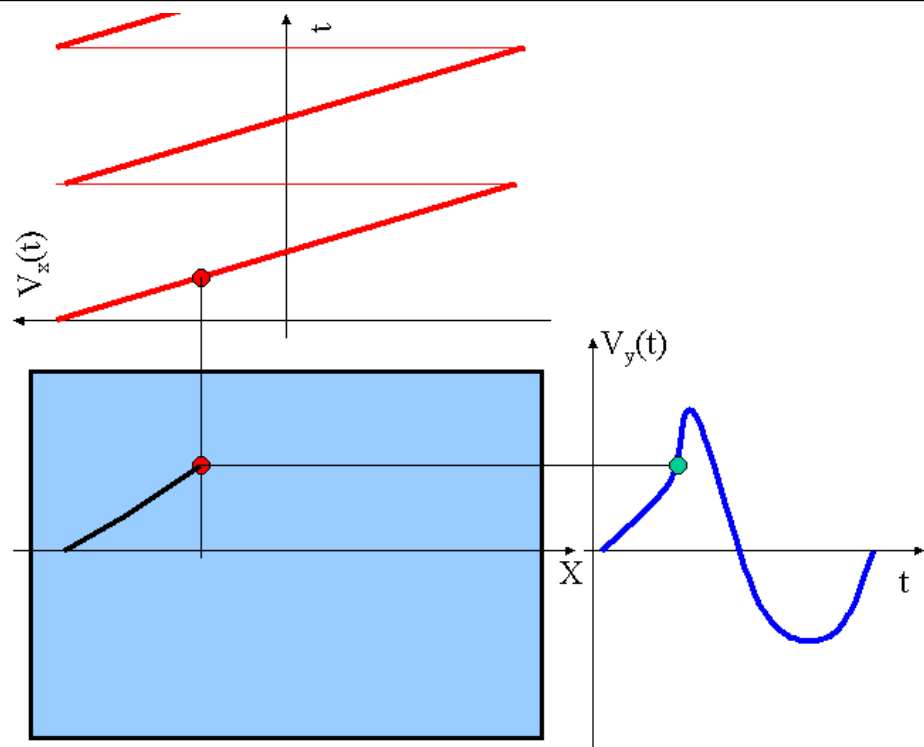
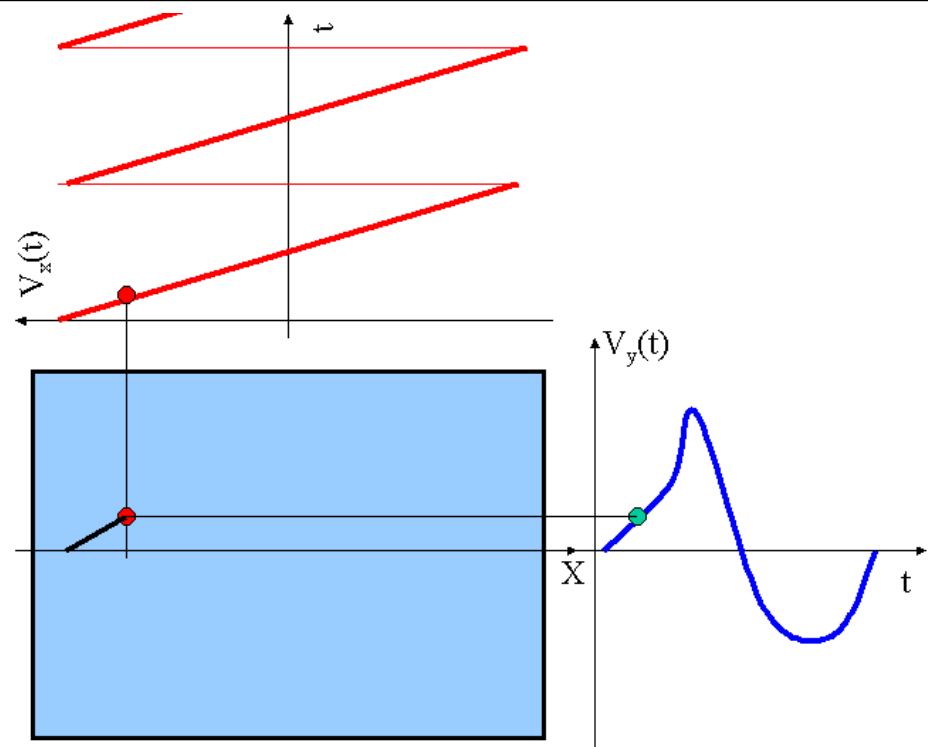
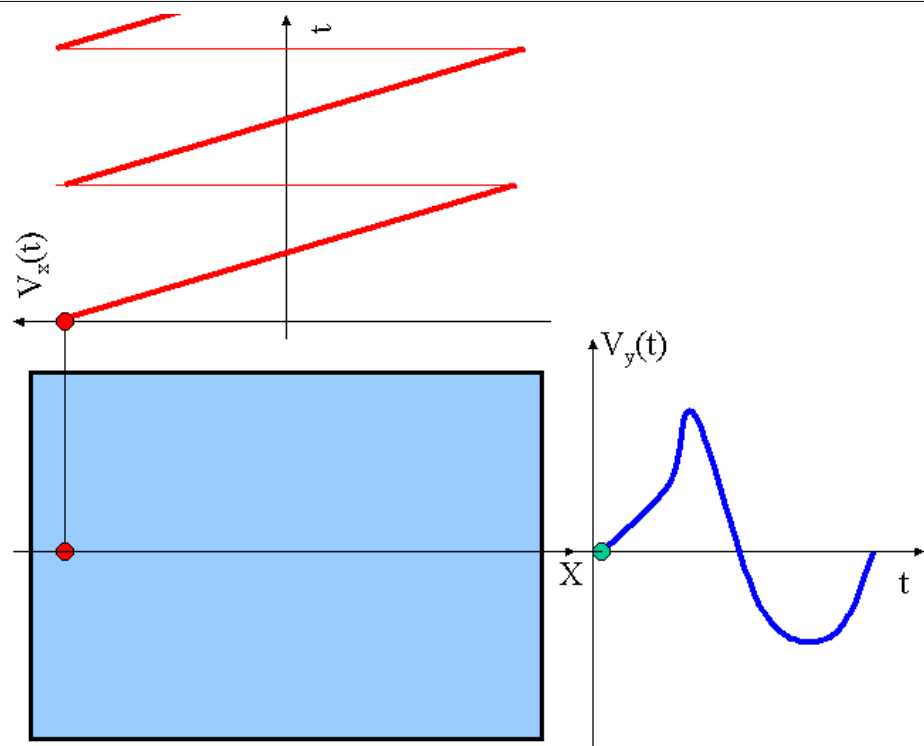
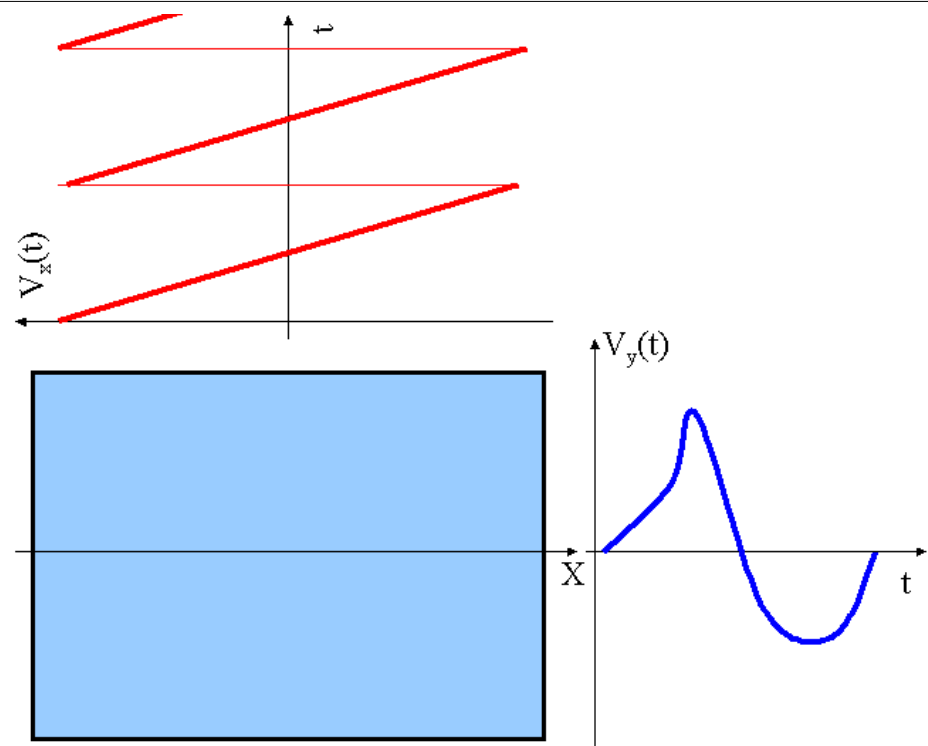
Fattore di deflessione
Verticale (da 2V a 1 mV per divisione)

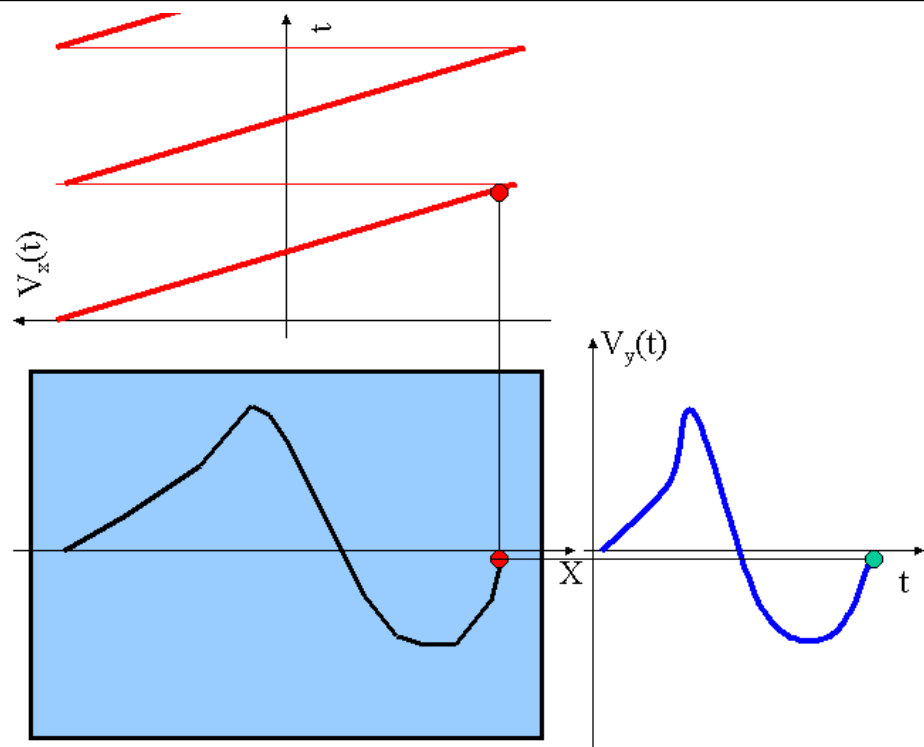
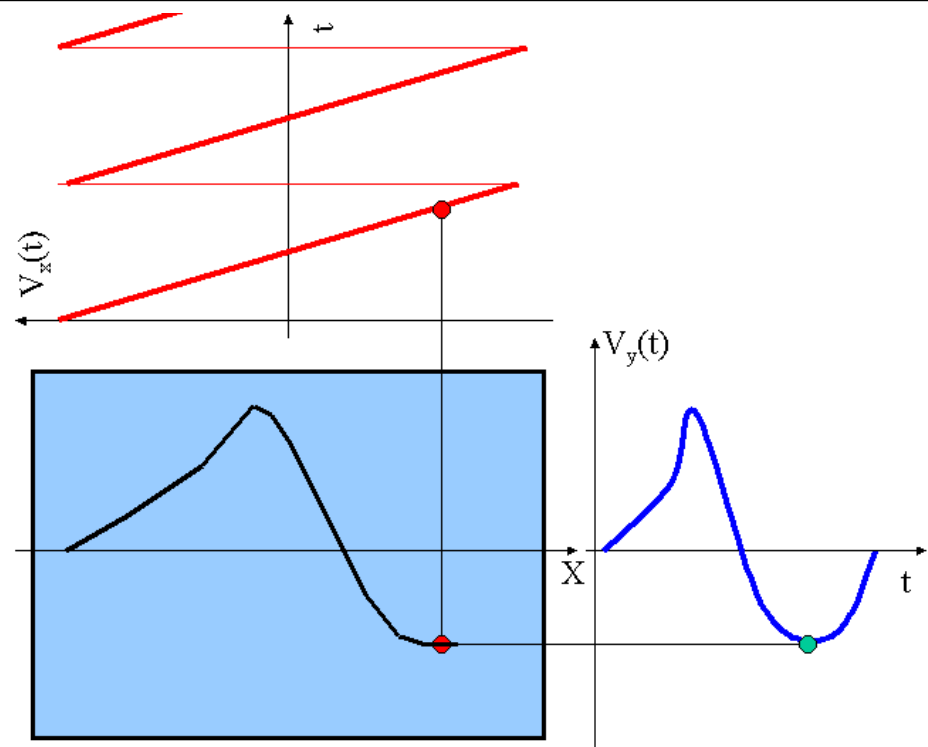
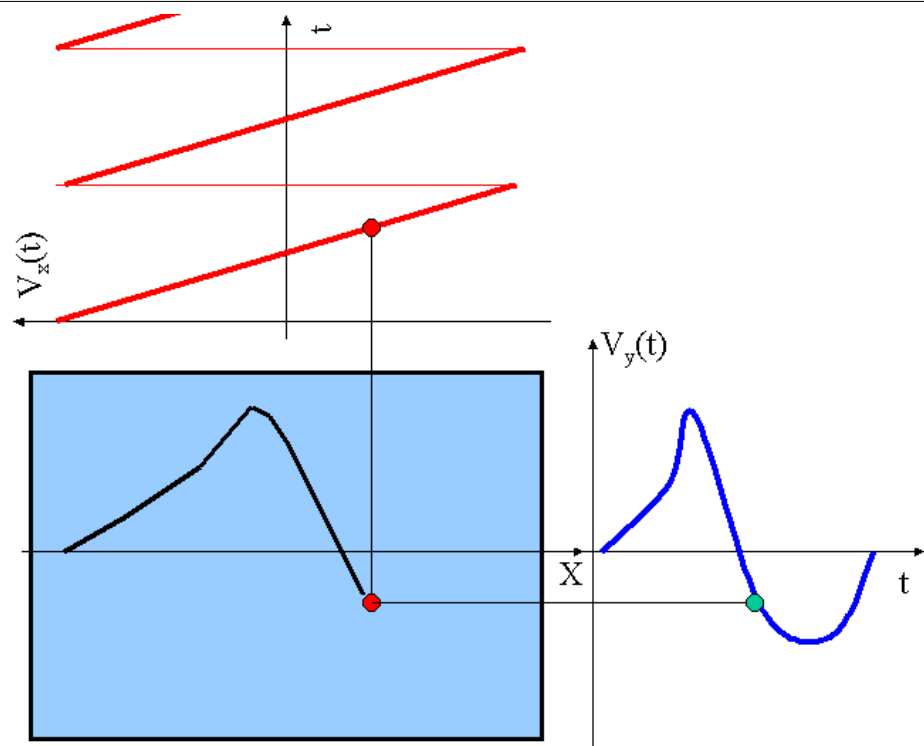
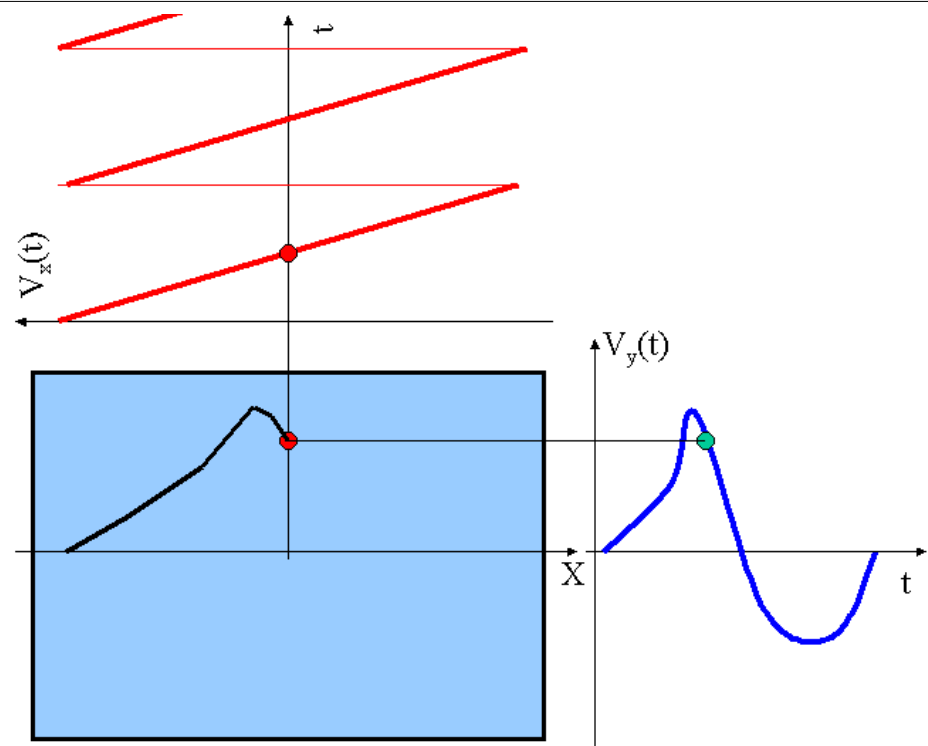


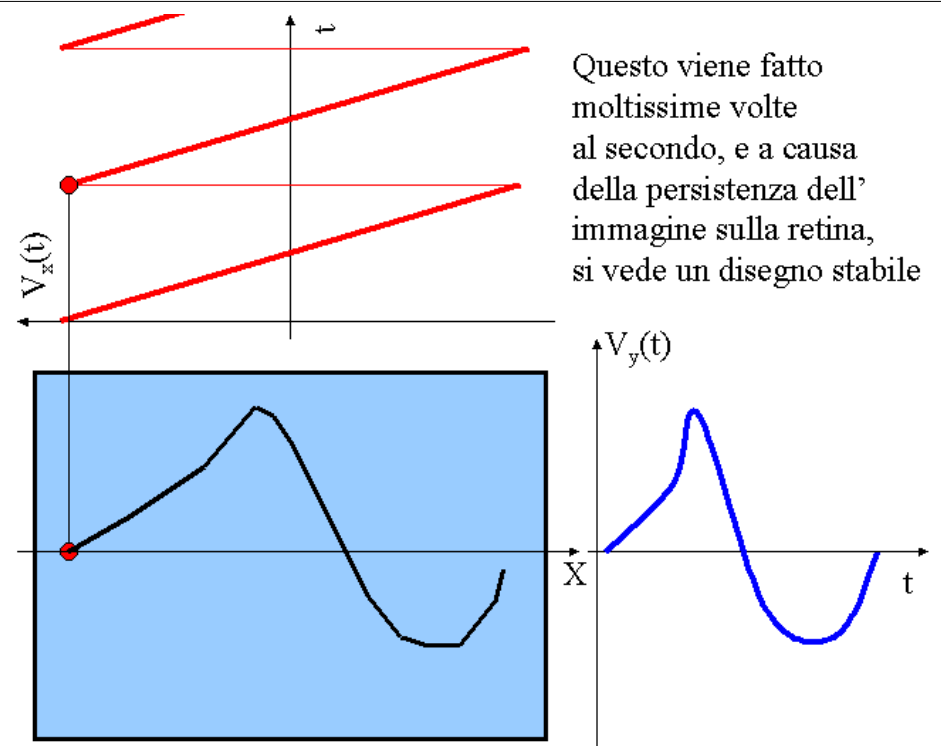
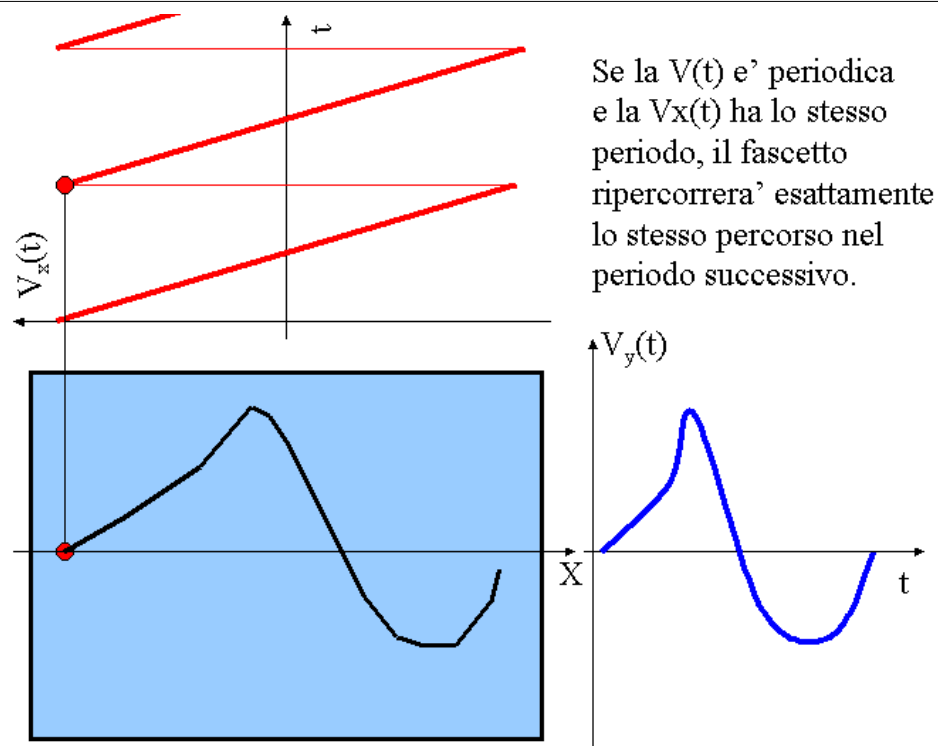




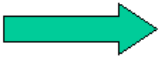


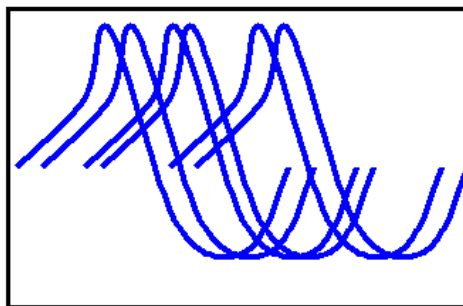





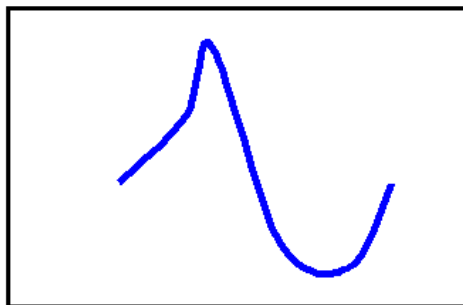


L' oscilloscopio analogico

- E' quindi essenziale sincronizzare il periodo del dente di sega a quello dell' onda in esame.
- Periodo non sincronizzato: 

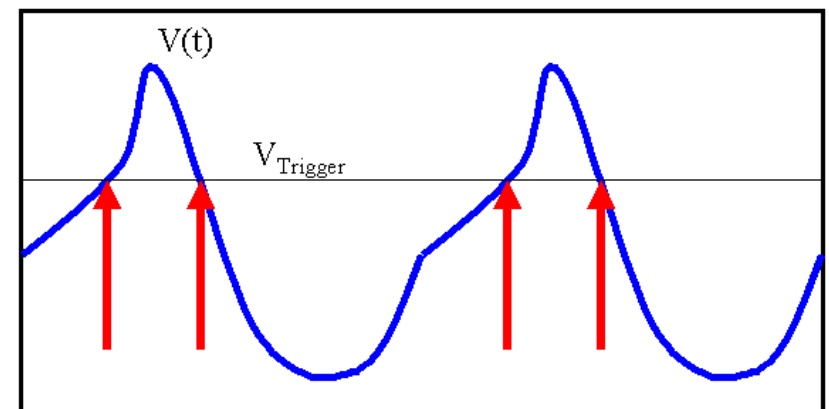


- Periodo sincronizzato: 



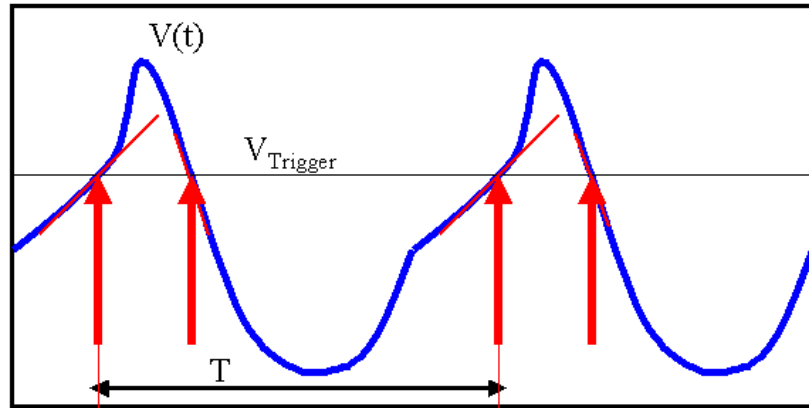
L' oscilloscopio analogico

- C'e' un circuito all' interno dell' oscilloscopio detto "circuito di Trigger", che risolve questo problema.
- Il circuito confronta il livello e la pendenza del segnale d' ingresso con dei valori di riferimento che si possono impostare.



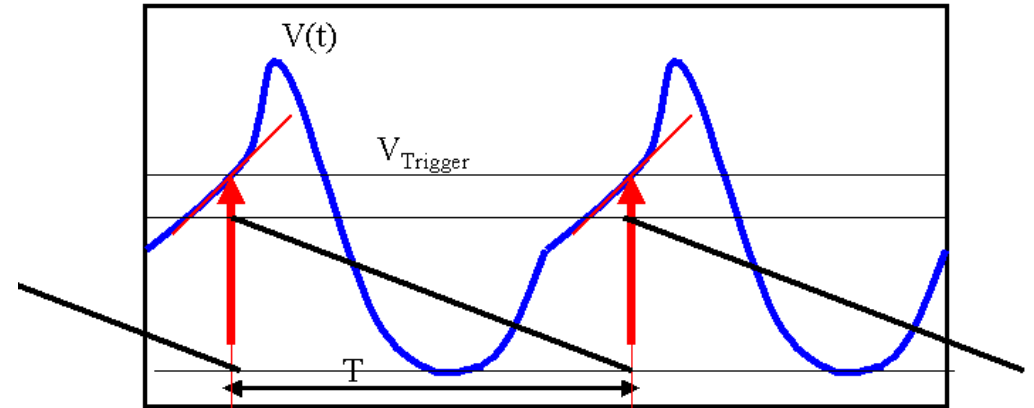
L' oscilloscopio analogico

- C'è un circuito all' interno dell' oscilloscopio detto “circuito di trigger”, che risolve questo problema.
- Il circuito confronta il livello e la pendenza del segnale d' ingresso con dei valori di riferimento che si possono impostare.

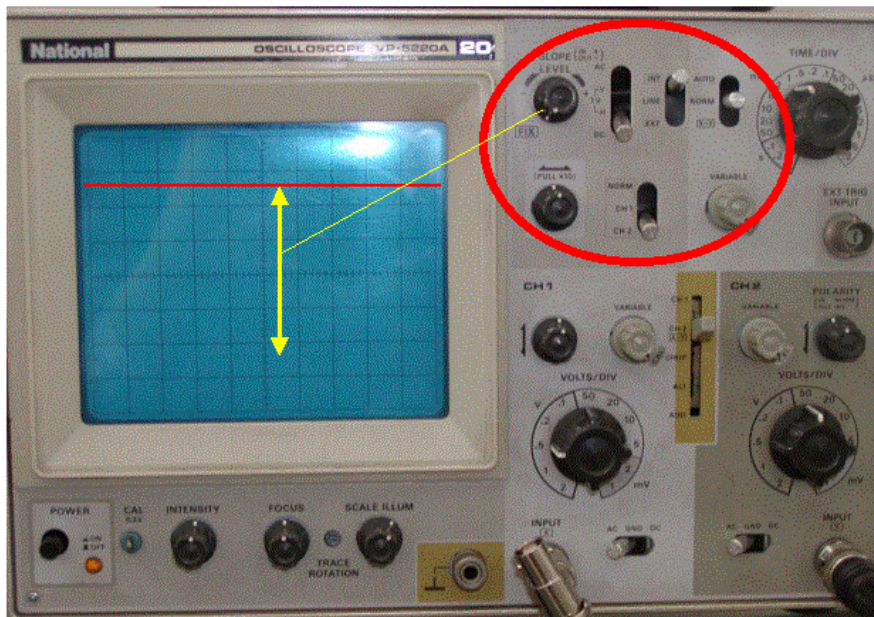


L' oscilloscopio analogico

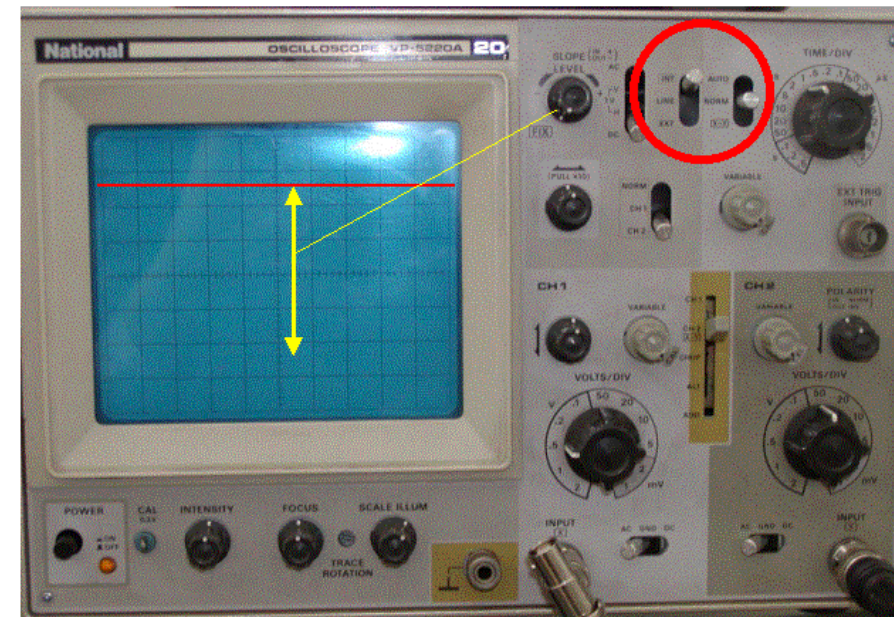
- Il “circuito di trigger” fa partire il dente di sega tutte le volte che il livello del segnale e la sua pendenza sono quelli impostati.
- In questo modo si sincronizza il dente di sega al segnale impostato.



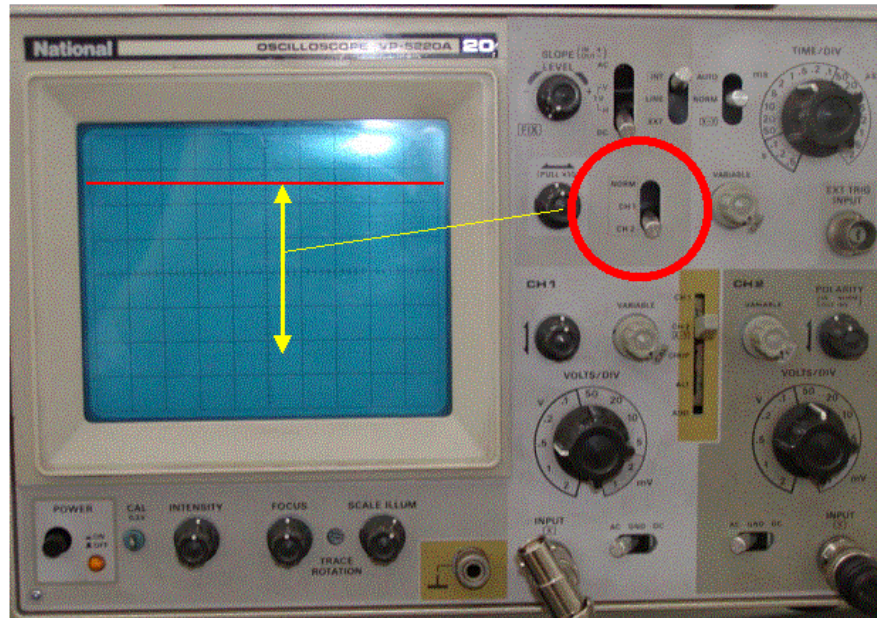
L' oscilloscopio analogico



L' oscilloscopio analogico



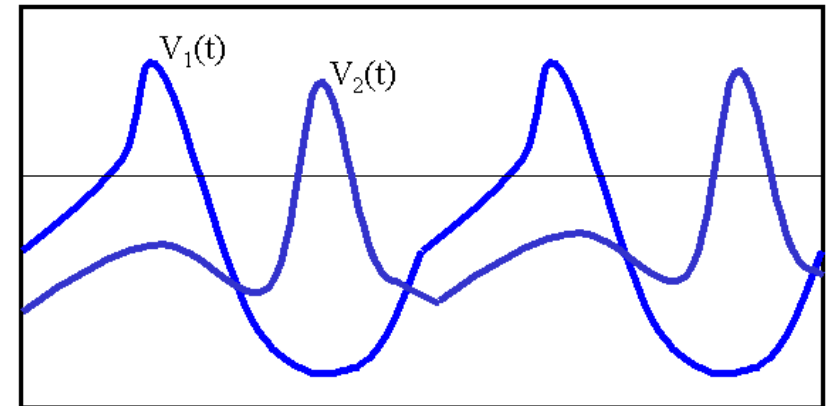
L' oscilloscopio analogico



TRIGGER

L' oscilloscopio analogico

- Il modo migliore per imparare ad usarlo e' lavorarci ! L' oscilloscopio che avrete a disposizione e' un National VP-5220A, oscilloscopio a due canali.
- Si possono visualizzare contemporaneamente due segnali indipendenti, chiamati canale 1 e canale 2:



L' oscilloscopio analogico

- Di solito la prima cosa da fare e' verificare i comandi di "Trigger".
- INT-LINE-EXT
 - Su INT funziona il circuito di trigger che sincronizza automaticamente il dente di sega al segnale
 - Su LINE il dente di sega e' sincrono con la tensione di rete a 50 Hz
 - Su EXT il dente di sega e' sincrono con un segnale applicato dall' esterno, ad un apposito "ingresso di Trigger"
- NORM-CH1-CH2
 - Permette di selezionare il segnale a cui sincronizzare il dente di sega. Se il canale di interesse e' l' 1, si usera' CH1, senno' CH2: nei due casi il trigger e' il segnale applicato all' ingresso scelto. Su norm la sorgente e' il segnale visualizzato sul tubo a raggi catodici.

L' oscilloscopio analogico

- LEVEL, FIX, SLOPE controlla il valore della tensione di riferimento del trigger e la pendenza di riferimento. Quando e' completamente ruotato in senso orario, su FIX, e' regolato in modo automatico. Si puo' tirare la manopola o spingerla per selezionare la pendenza; girandola si regola il livello.
- La prima cosa da fare e' mettere il trigger su auto: questo permettera' di vedere il segnale, anche se non sincronizzato, e di regolare cosi' le deflessioni verticale e orizzontale.
- Una volta visualizzato il segnale, se non e' sincrono, si potra' utilizzare il trigger interno regolando livello e pendenza.

- Circuito da studiare:
- Ci interessa studiare V_{out} (segnale in uscita) al variare di V_{in} (segnale in ingresso).
- Ad esempio se V_{in} e' sinusoidale, V_{out} sara' anch'esso sinusoidale, con la stessa frequenza ma con ampiezza e fase date dalle relazioni

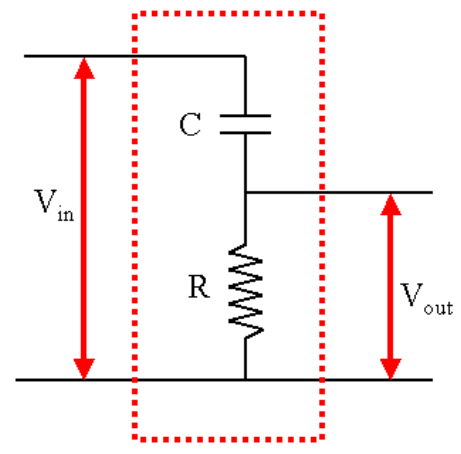
$$\vec{V}_R = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} \vec{V}_{in}$$

$$V_{oR} = \frac{\tau\omega V_{oin}}{\sqrt{1 + (\tau\omega)^2}}$$

$$\phi = \arctan(1 / \omega\tau)$$

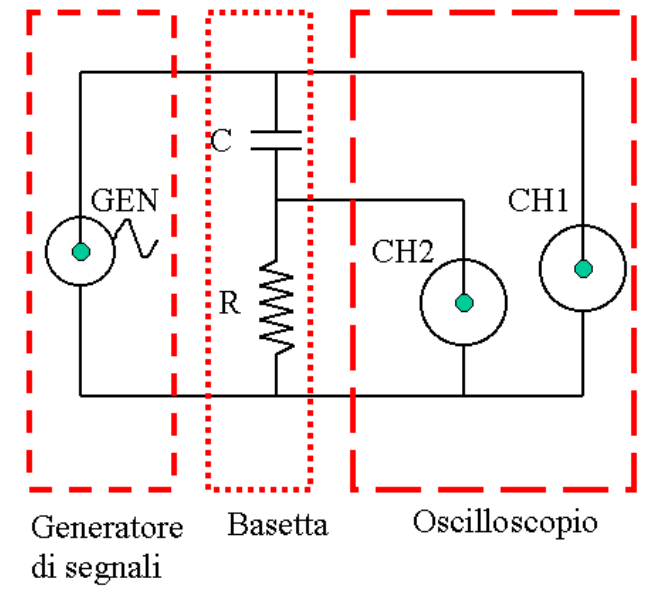
- E quindi ci interessa costruire una tabella di V_{oR}/V_{oin} e ϕ in funzione di $f = \omega/2\pi$.

Misure sul circuito CR



Misure sul circuito CR

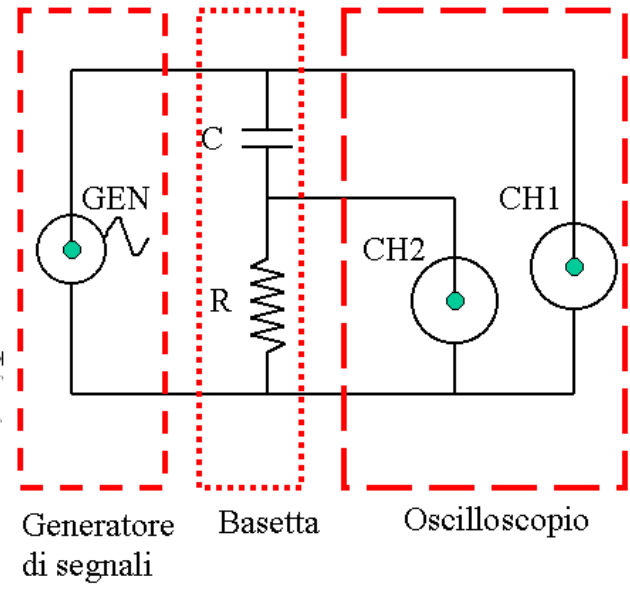
- In pratica: si monta il circuito CR sulla basetta e si collega al generatore di V_{in} ed ai due canali dell'oscilloscopio per misurare sia V_{in} (su CH1) che V_{out} (su CH2).



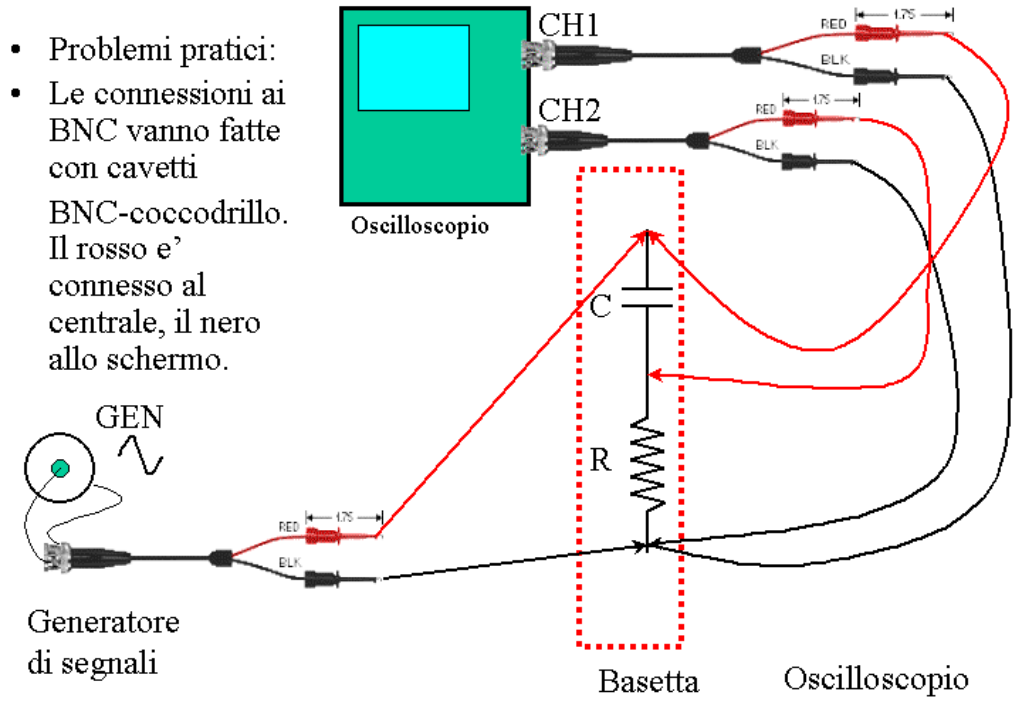
- Problemi pratici:
- Le connessioni ai BNC vanno fatte con cavetti

BNC-coccodrillo. Il rosso e' connesso al centrale, il nero allo schermo.

Misure sul circuito CR

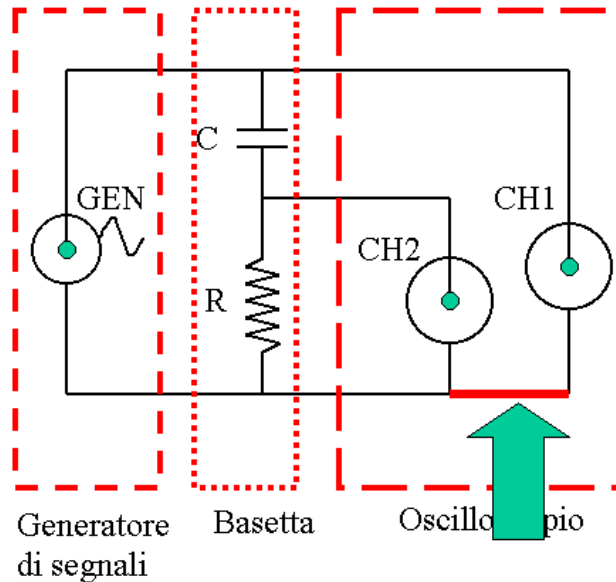


- Problemi pratici:
 - Le connessioni ai BNC vanno fatte con cavetti
- BNC-coccodrillo. Il rosso e' connesso al centrale, il nero allo schermo.



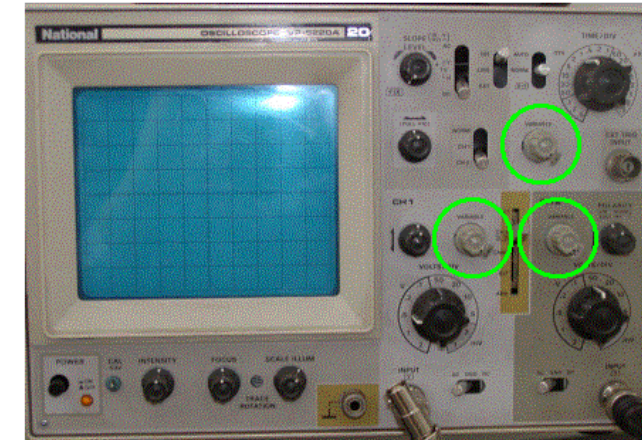
Misure sul circuito CR

- La connessione tra la GND del CH1 e la GND del CH2 (cioè tra gli schermi dei connettori BNC di ingresso) è già presente all'interno dell'oscilloscopio.
- Ci si deve ricordare di questo quando si costruisce un qualsiasi circuito: la connessione di GND deve essere fatta sempre con questo punto.



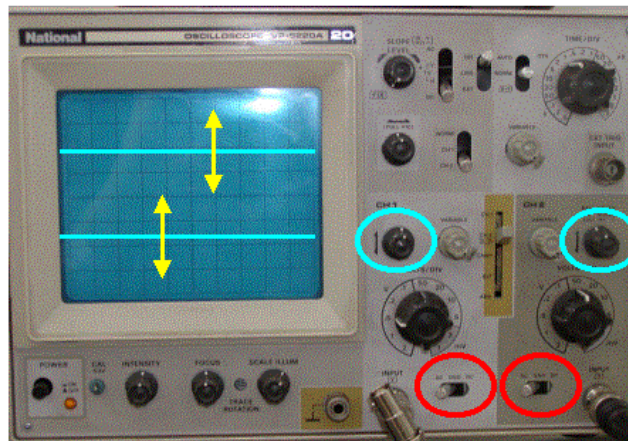
Uso dell' Oscilloscopio

- La prima cosa da fare è mettere su "cal" i potenziometri di taratura dei fattori di deflessione e della base dei tempi (cerchiati di verde nella figura). Vanno ruotati completamente in senso orario.



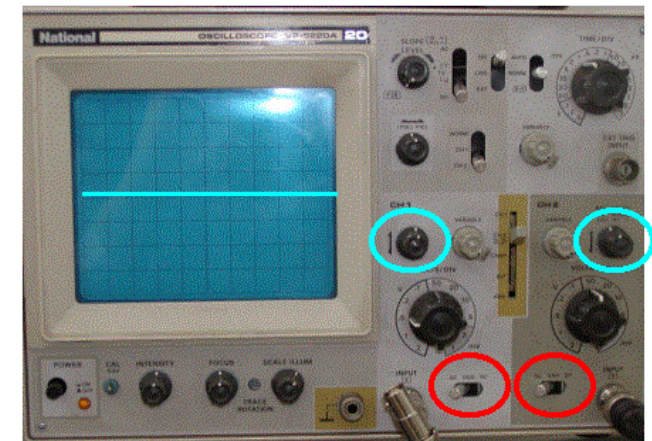
Uso dell' Oscilloscopio

- La seconda cosa da fare è regolare lo zero delle tracce:
 - Si mette il trigger su AUTO
 - Si mettono a zero i segnali in ingresso a CH1 e CH2, commutando su GND i commutatori identificati in rosso
 - Si regola la posizione delle tracce con i potenziometri identificati in azzurro.



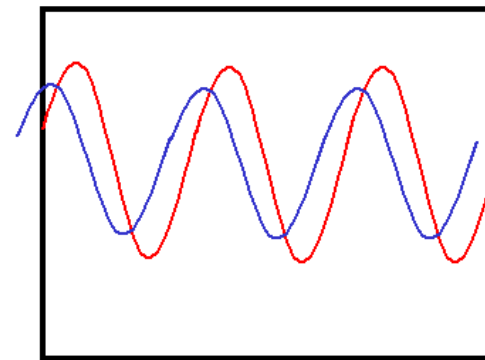
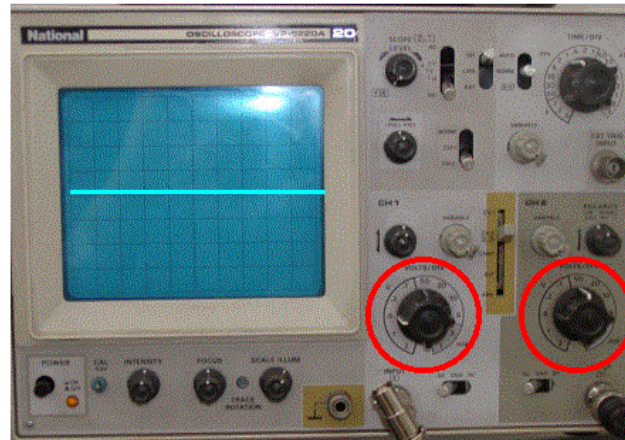
Uso dell' Oscilloscopio

- La seconda cosa da fare è regolare lo zero delle tracce:
 - Si mette il trigger su AUTO
 - Si mettono a zero i segnali in ingresso a CH1 e CH2, commutando su GND i commutatori identificati in rosso
 - Si regola la posizione delle tracce con i potenziometri identificati in azzurro.



Uso dell' Oscilloscopio

- A questo punto si rimettono i commutatori di ingresso su AC
- Regolando il fattore di deflessione verticale (identificato in rosso) si dovrebbero vedere i due segnali.

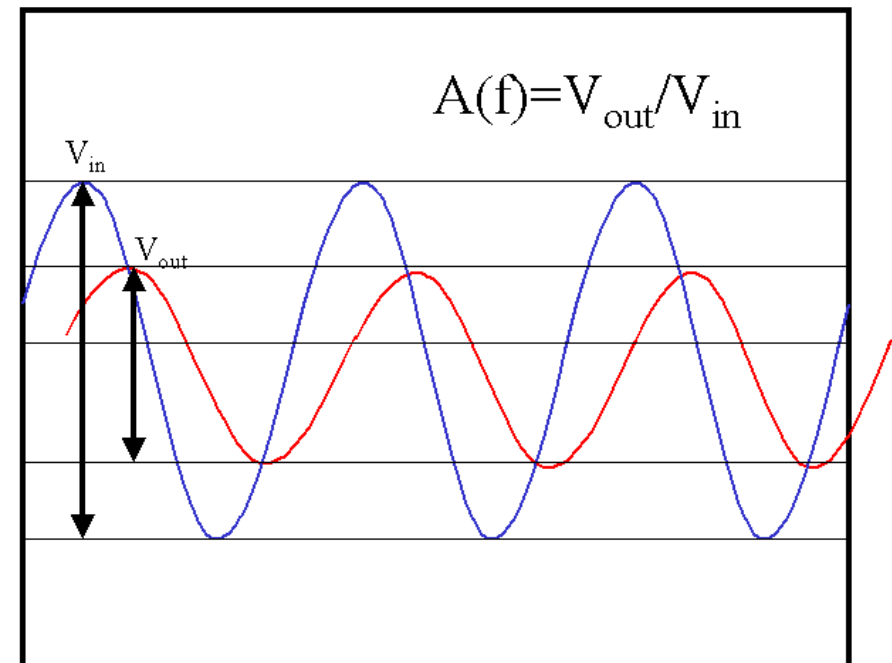
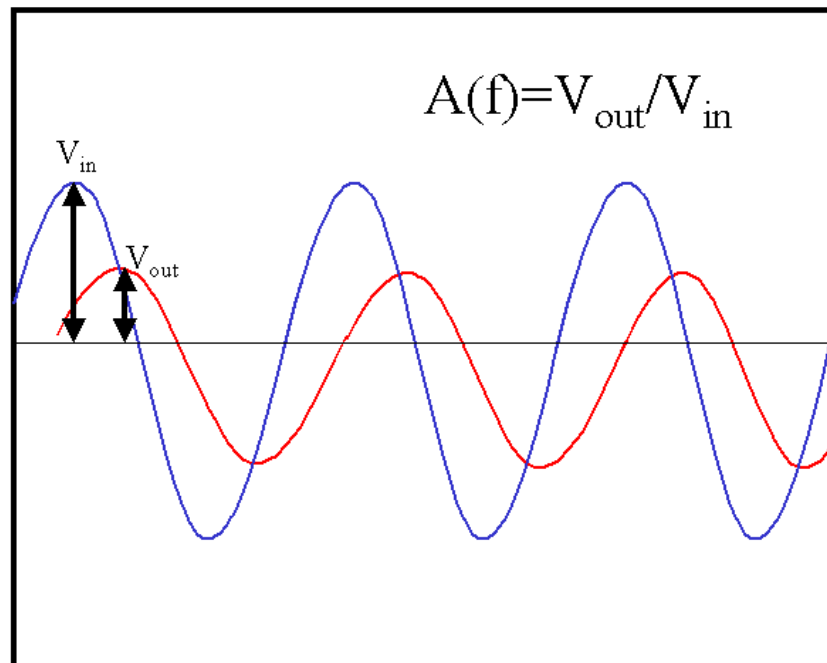
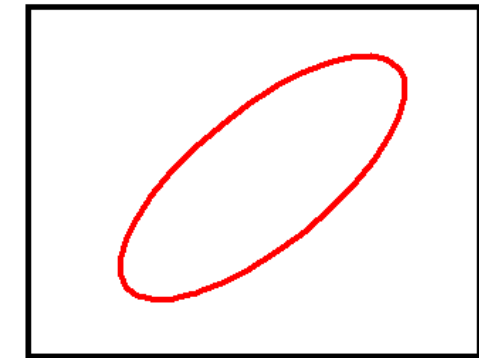


Due metodi possibili:

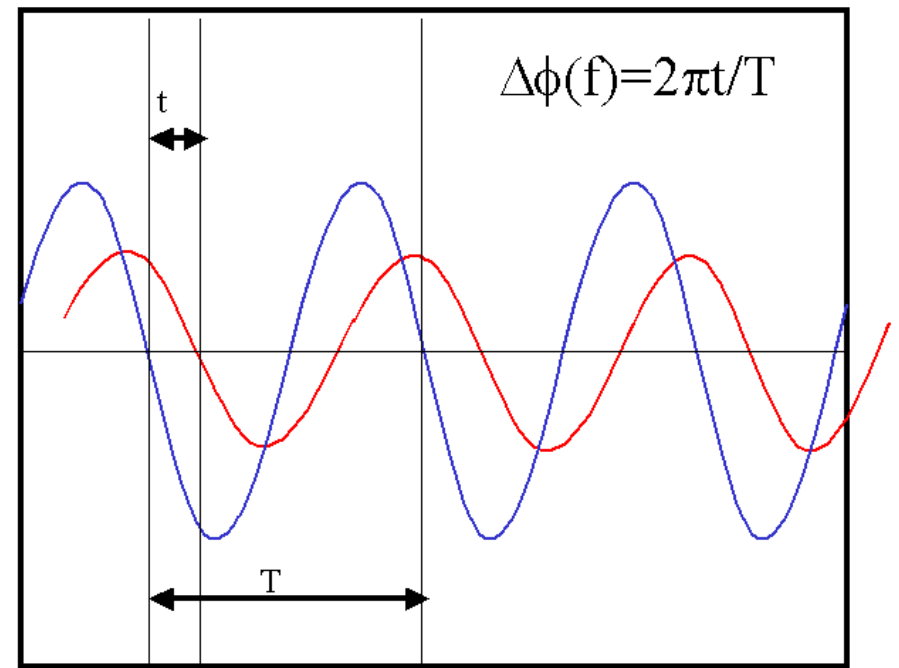
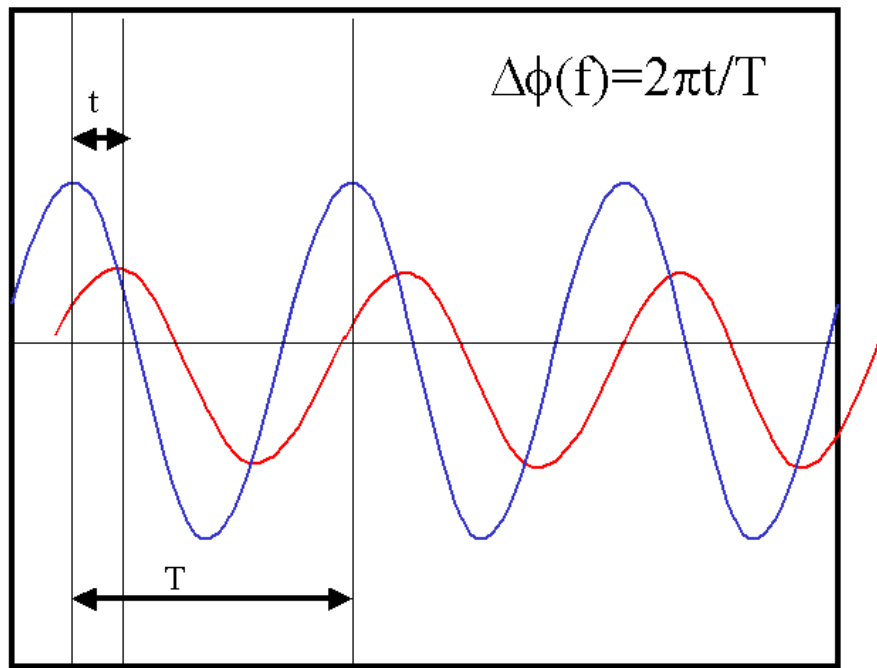
Su auto/norm si grafica $V(\text{CH1})$ e $V(\text{CH2})$ in funzione di t



Su X-Y si grafica $V(\text{CH1})$ in funzione di $V(\text{CH2})$ e quindi si vede una ellisse:



Metodo piu' furbo



Metodo piu' furbo

Metodo dell' ellisse

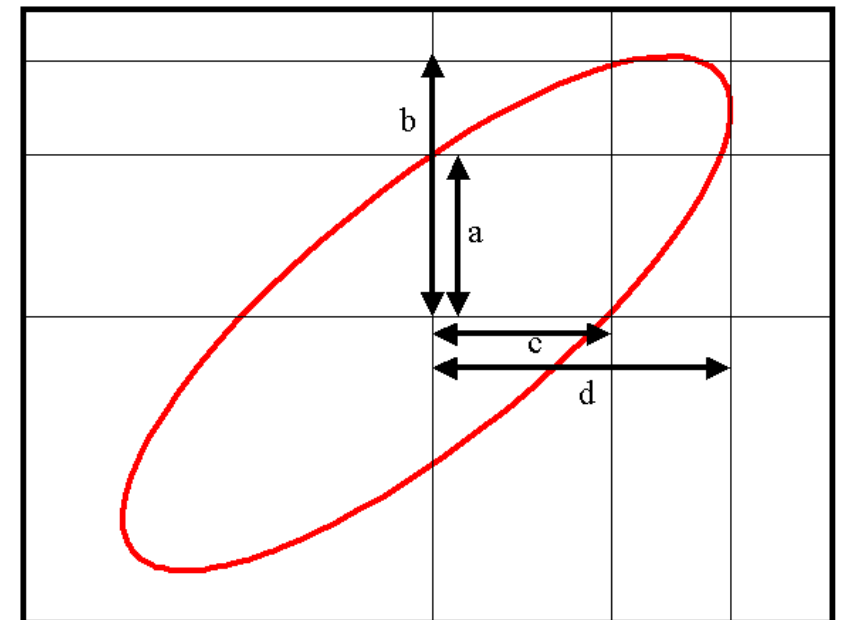
- Si applicano i segnali ai due assi ortogonali.

$$X = V_X \cos \omega t$$

$$Y = V_Y \cos(\omega t + \varphi)$$

- Eliminando t viene una eq. Y(X) di una ellisse.

$$\sin\Delta\phi(f) = a/b = c/d$$



- Circuito da studiare:
- Ci interessa studiare V_{out} (segnale in uscita) al variare di V_{in} (segnale in ingresso).
- Ad esempio se V_{in} e' sinusoidale, V_{out} sara' anch'esso sinusoidale, con la stessa frequenza ma con ampiezza e fase date dalle relazioni

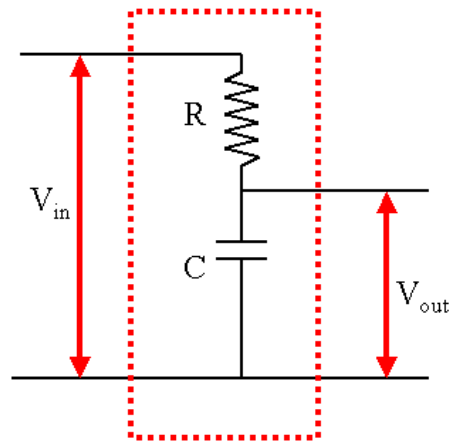
$$\vec{V}_C = \frac{1}{1 + j\omega RC} \vec{V}_{in}$$

$$V_{oC} = \frac{V_{oin}}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}}$$

$$\phi = \arctan(-\omega\tau)$$

- E quindi ci interessa costruire una tabella di V_{oRt}/V_{oin} e ϕ in funzione di $f=\omega/2\pi$.

Misure sul circuito RC



- In pratica: si monta il circuito RC sulla basetta e si collega al generatore di V_{in} ed ai due canali dell'oscilloscopio per misurare sia V_{in} (su CH1) che V_{out} (su CH2).

Misure sul circuito RC

