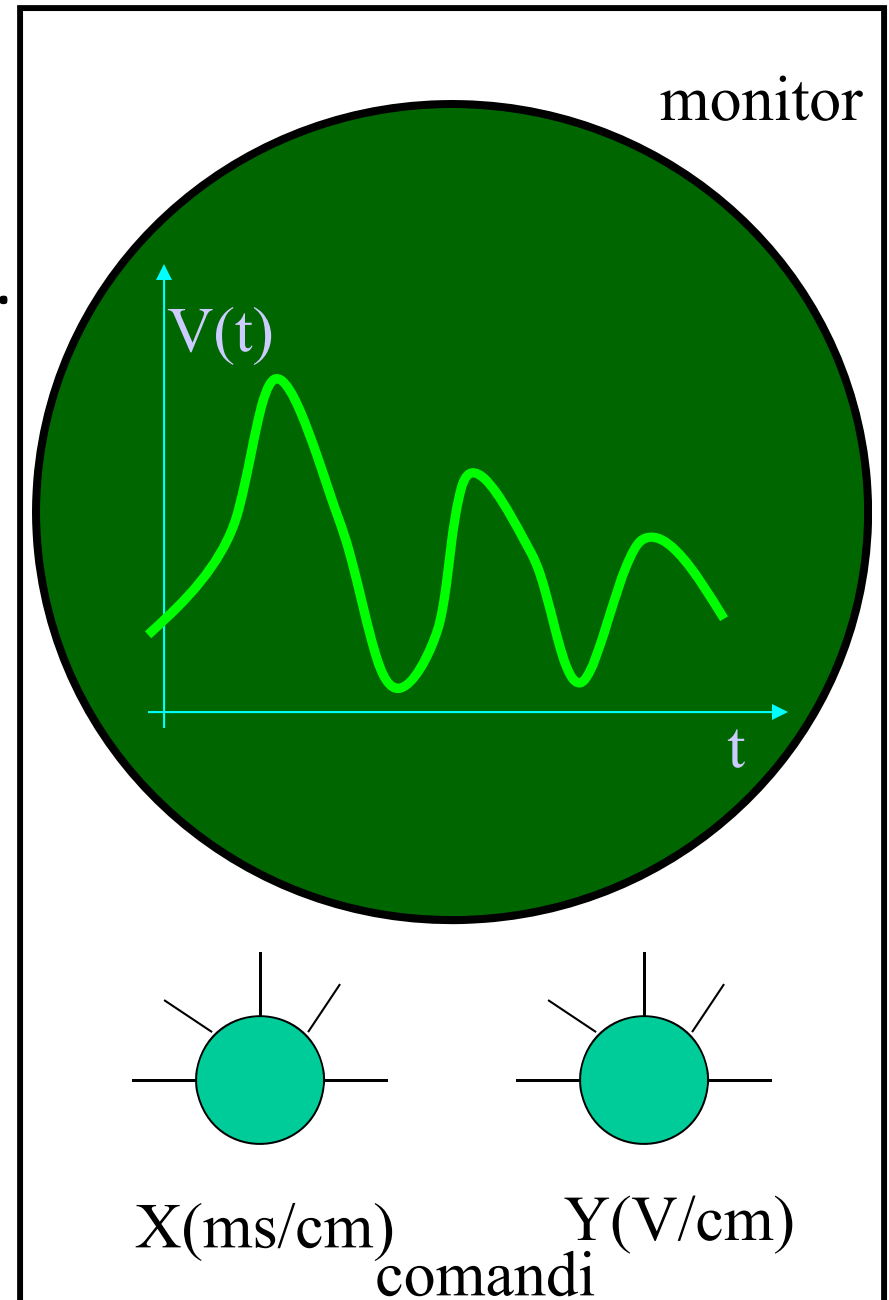


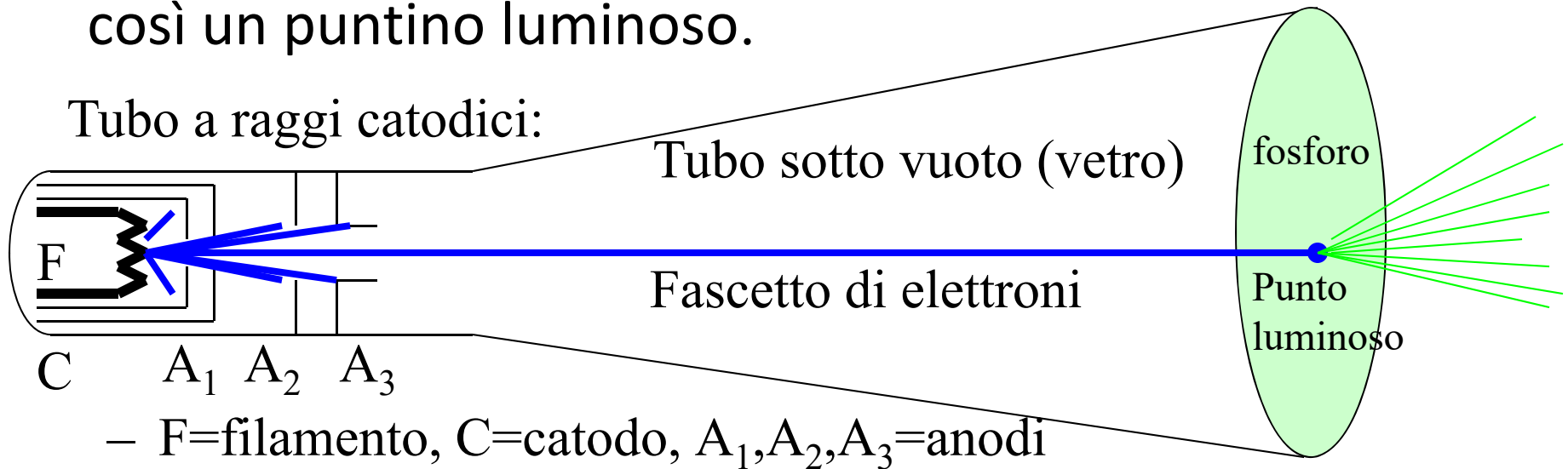
L' oscilloscopio

- è lo strumento più 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

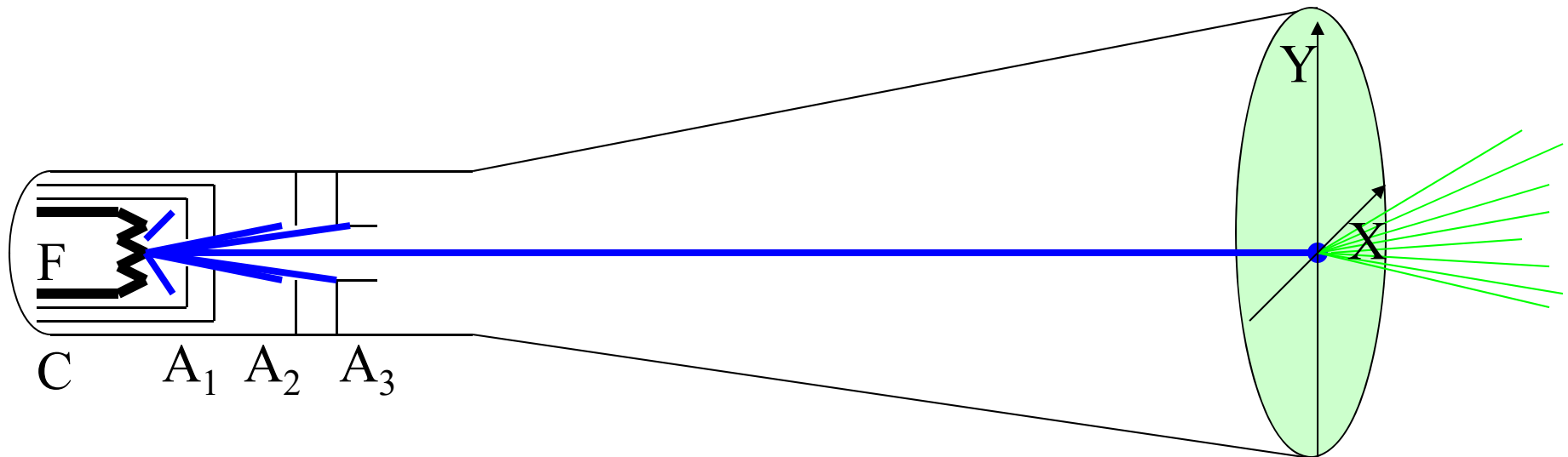
- Nell' oscilloscopio analogico la visualizzazione viene ottenuta focalizzando un fascetto di elettroni in diversi punti di uno schermo ricoperto di materiale fosforescente. Arrivando nel centro dello schermo gli elettroni cedono la loro energia agli atomi del fosforo, che poi si diseccitano producendo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



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

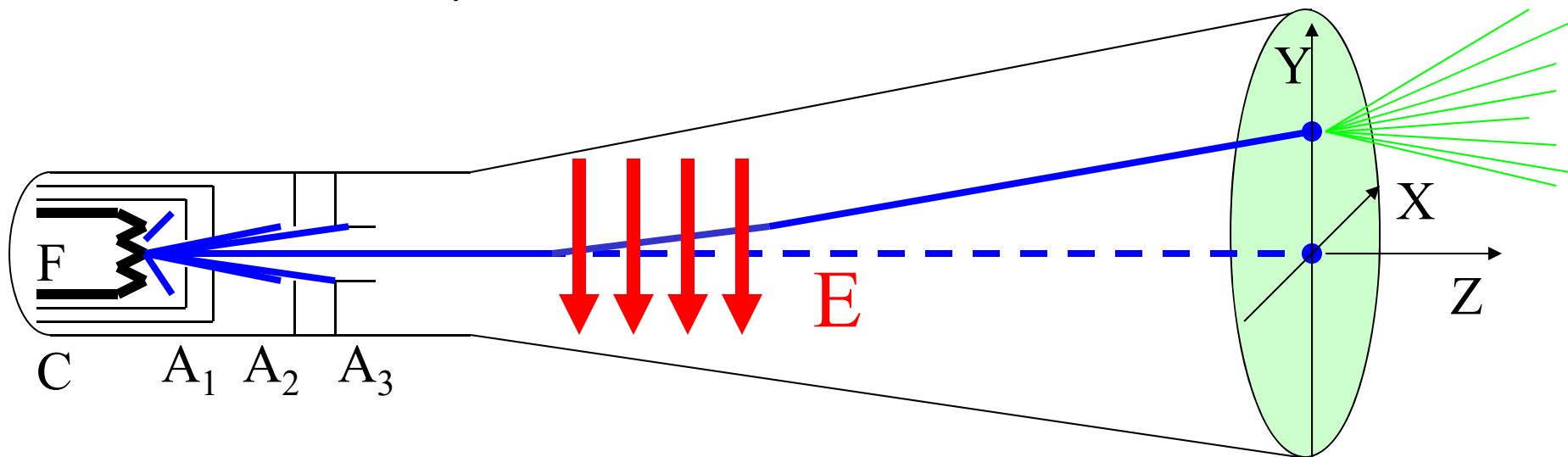
L' oscilloscopio analogico

- La posizione del punto luminoso sullo schermo può 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.



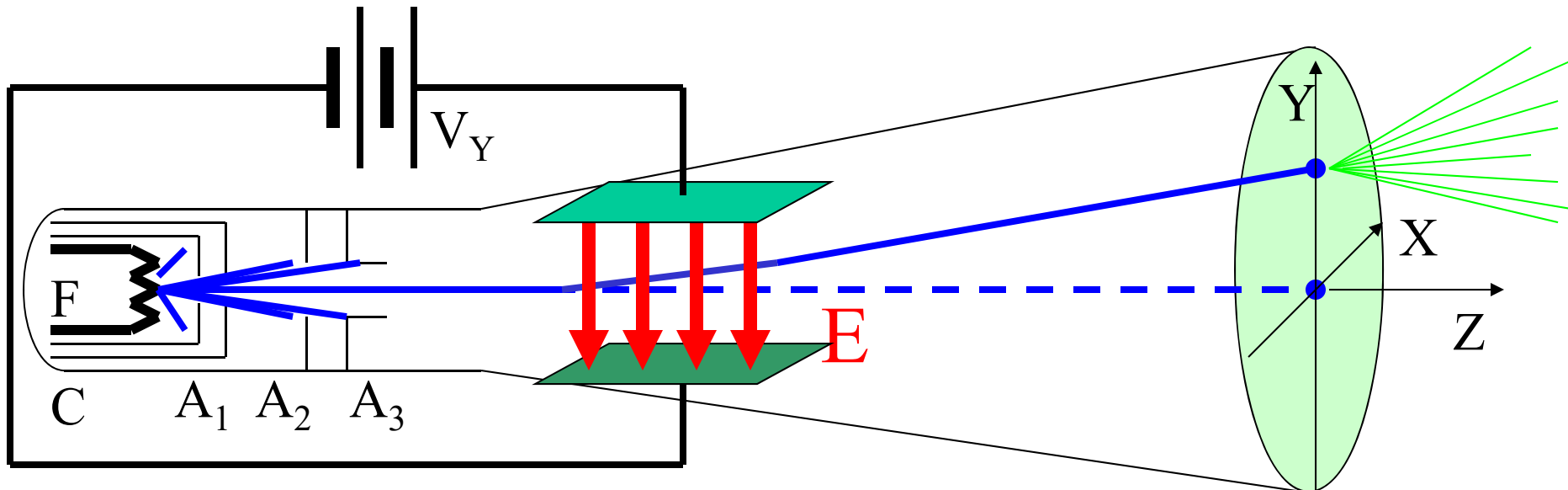
L' oscilloscopio analogico

- La posizione del punto luminoso sullo schermo può 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

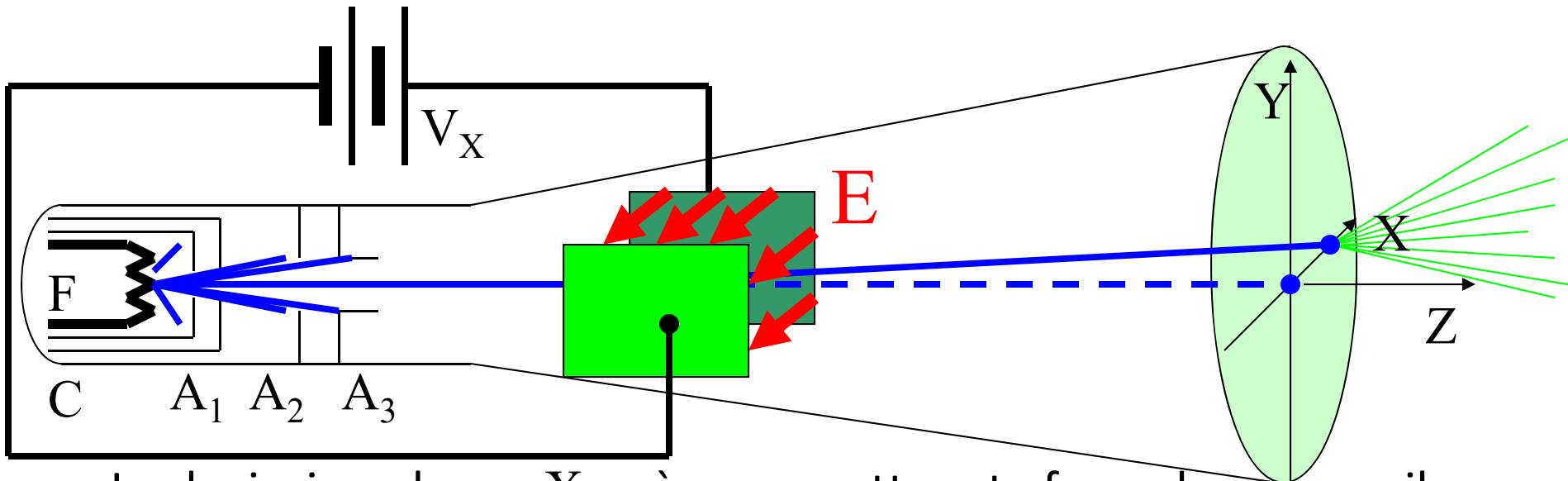
- La posizione del punto luminoso sullo schermo può essere modificata deviando la traiettoria del fascetto di elettroni all' interno del tubo.
- Ad esempio, applicando un campo elettrico ortogonale al fascetto, si esercita una forza in direzione ortogonale alla traiettoria, deviando il fascetto.



- La deviazione lungo Y può 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

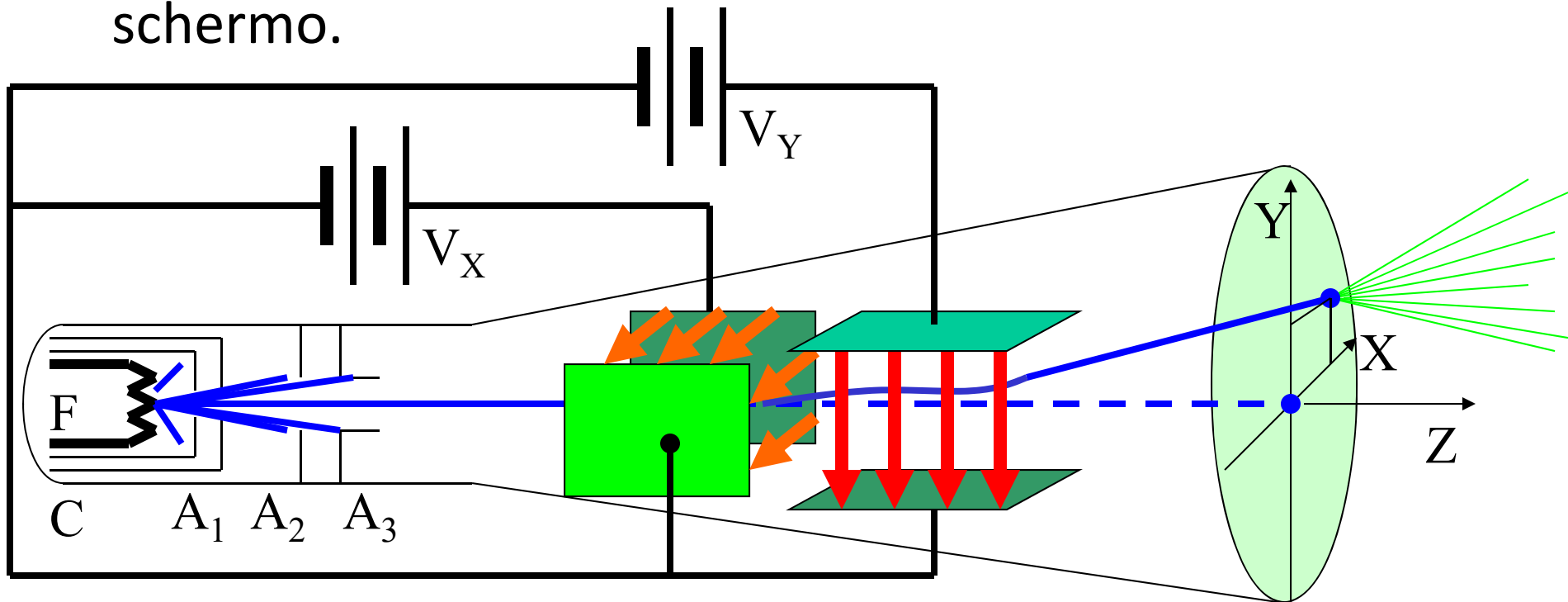
- La posizione del punto luminoso sullo schermo può essere modificata deviando la traiettoria del fascetto di elettroni all' interno del tubo.
- Ad esempio, applicando un campo elettrico ortogonale al fascetto, si esercita una forza in direzione ortogonale alla traiettoria, deviando il fascetto.



- La deviazione lungo X può 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 può spostare il puntino luminoso in un punto qualsiasi dello schermo.



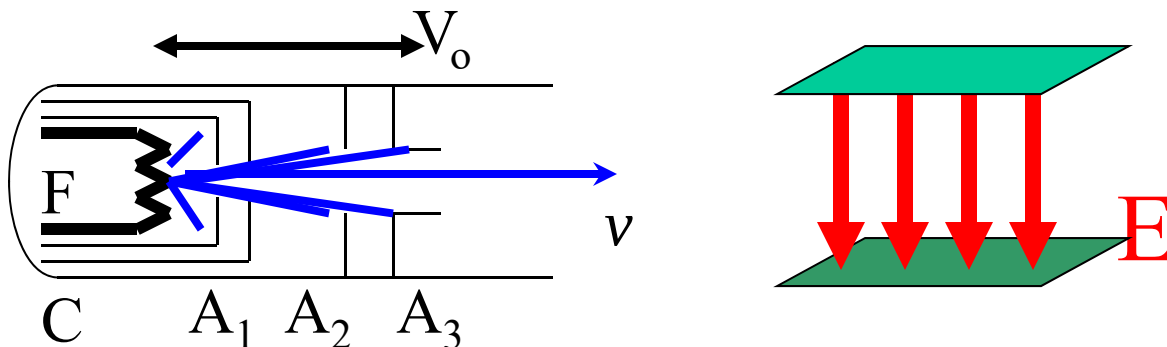
- Le deflessioni sono proporzionali alle tensioni V_x e V_y applicate alle placchette.

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 velocità data da

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

- Continuerà a muoversi con questa velocità nel vuoto del tubo a raggi catodici finchè non entrerà nel campo elettrico presente tra le placchette di deflessione.



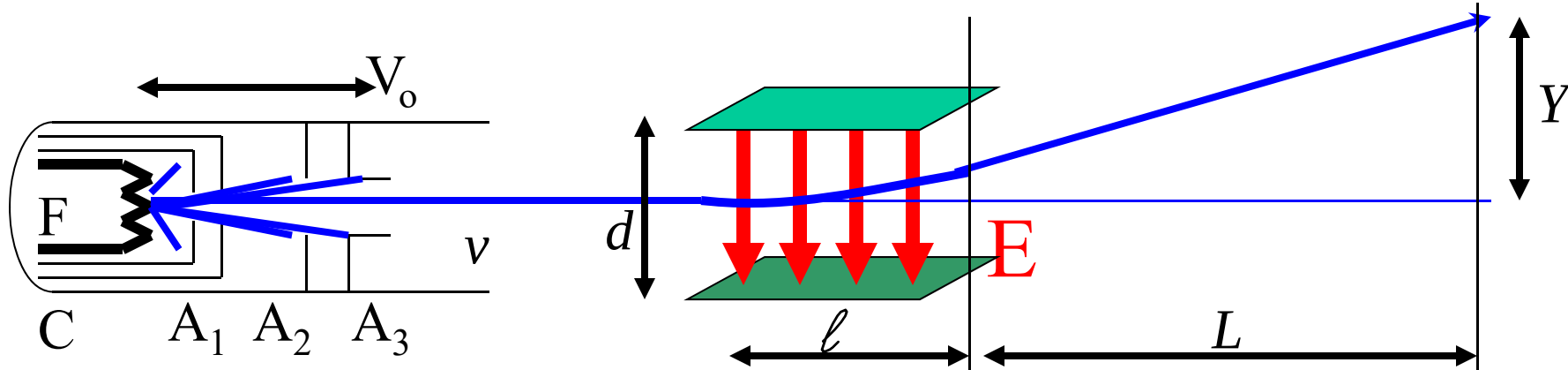
L' oscilloscopio analogico

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



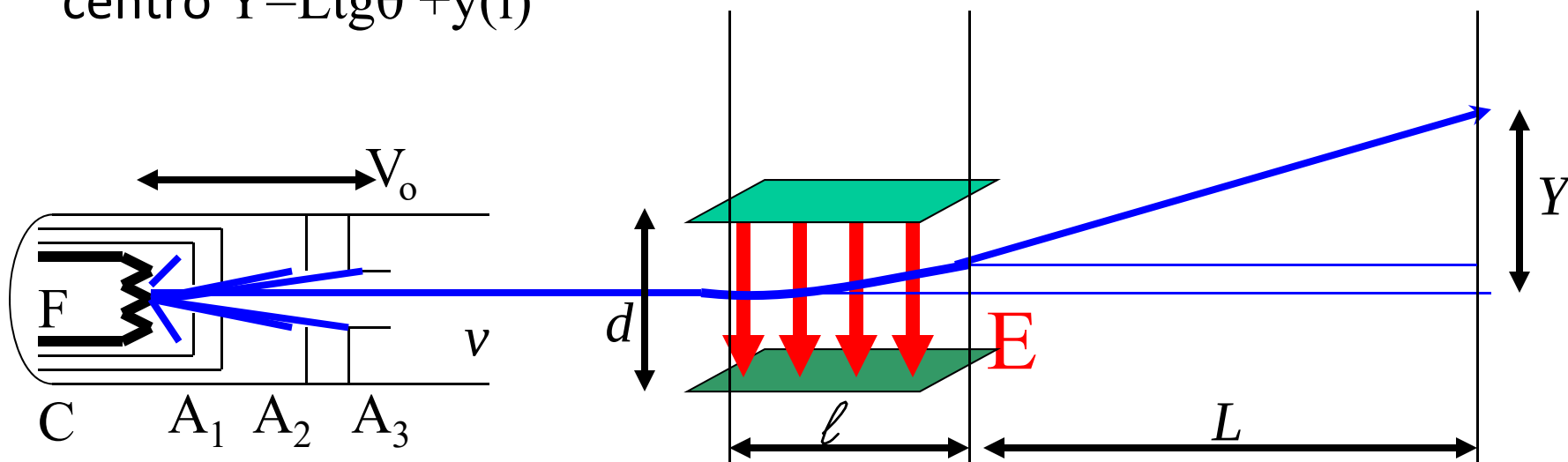
L' oscilloscopio analogico

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

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

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

- 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 $Y = L\text{tg}\theta + y(l)$



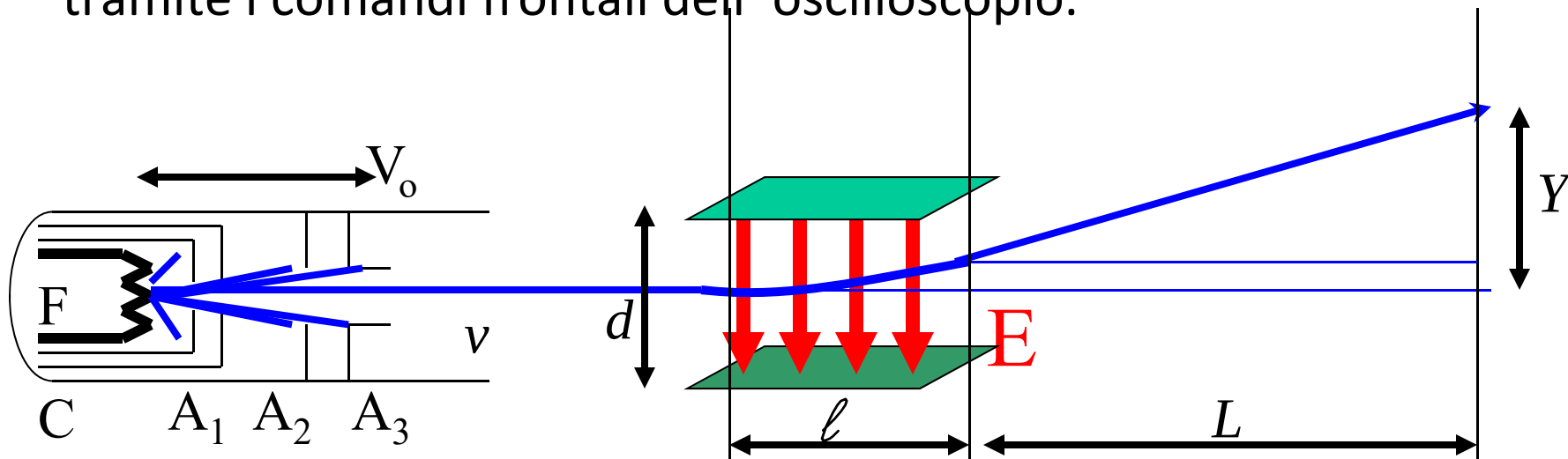
L' oscilloscopio analogico

- Si ottiene quindi

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

$$Y = D V_y$$

- La deflessione Y è quindi proporzionale alla differenza di potenziale V_y . Lo stesso di scorso 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

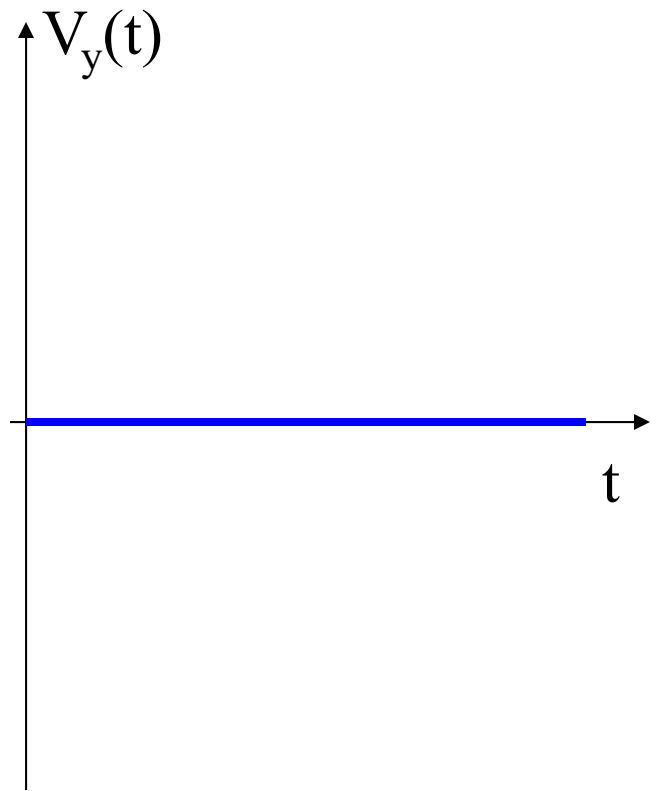
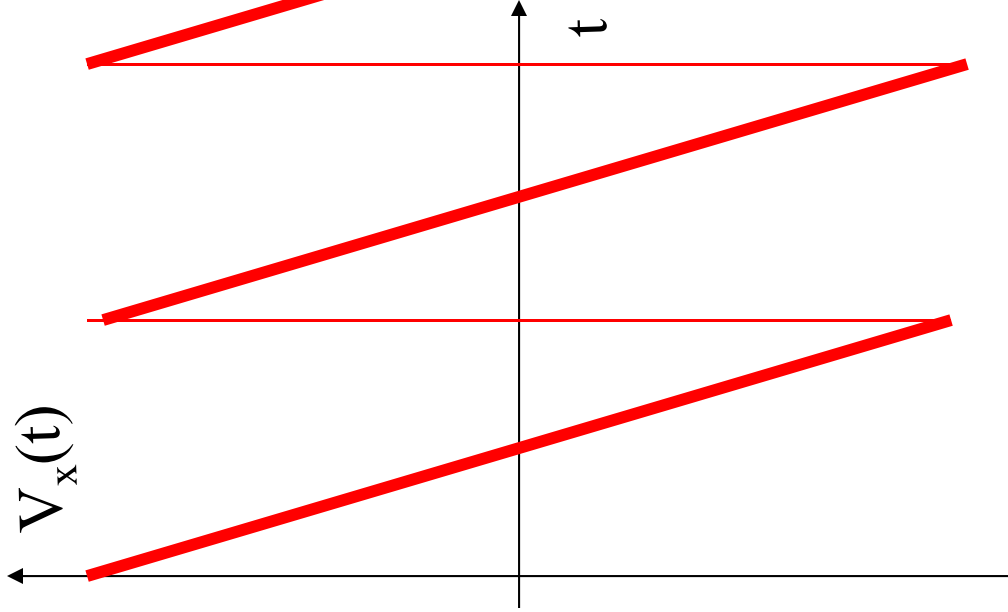
- Normalmente si vuole studiare una tensione variabile nel tempo $V(t)$. Lo si fa connettendola all' ingresso verticale, in modo che la deflessione verticale del punto luminoso sullo schermo sia

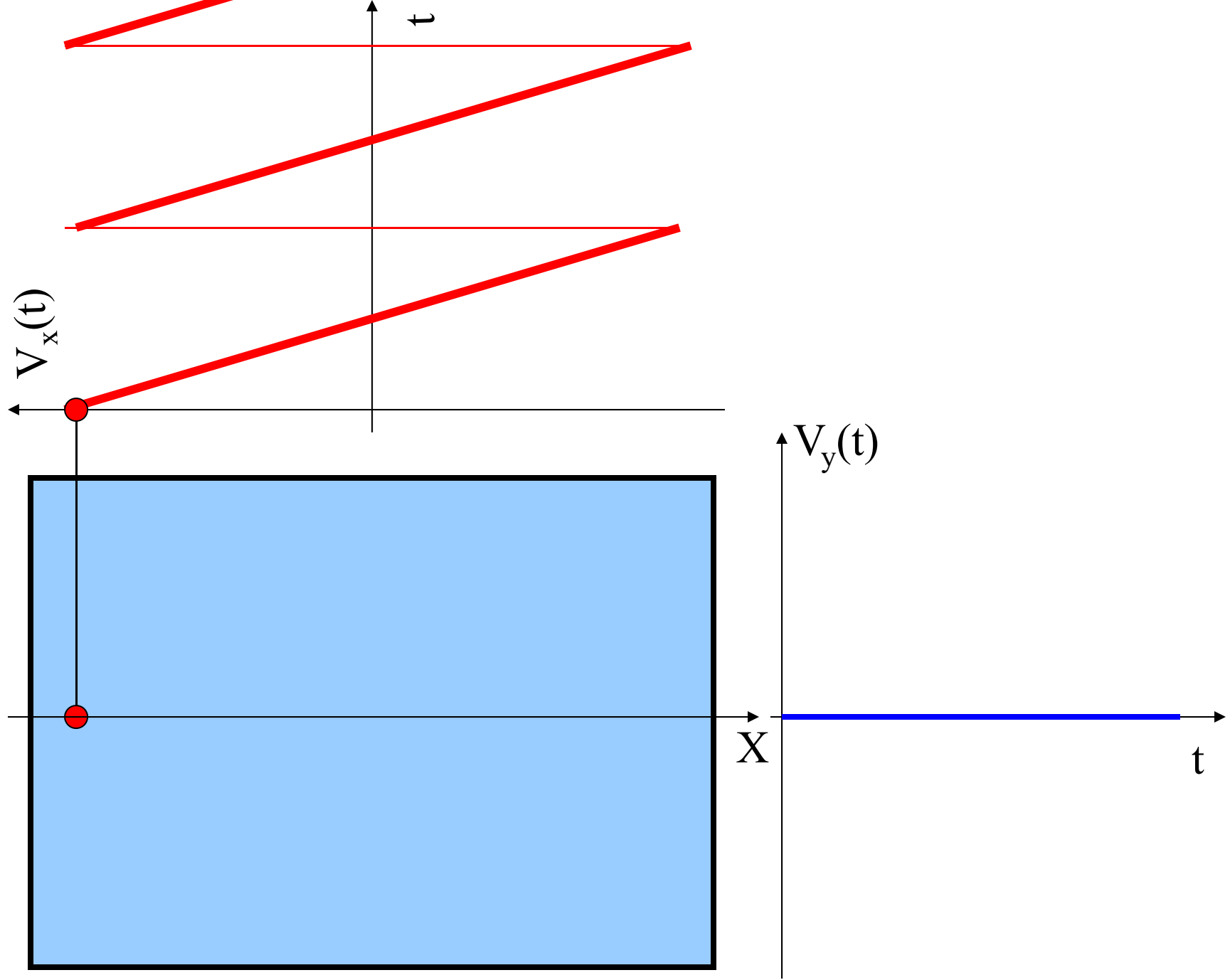
$$Y = D_Y V(t)$$

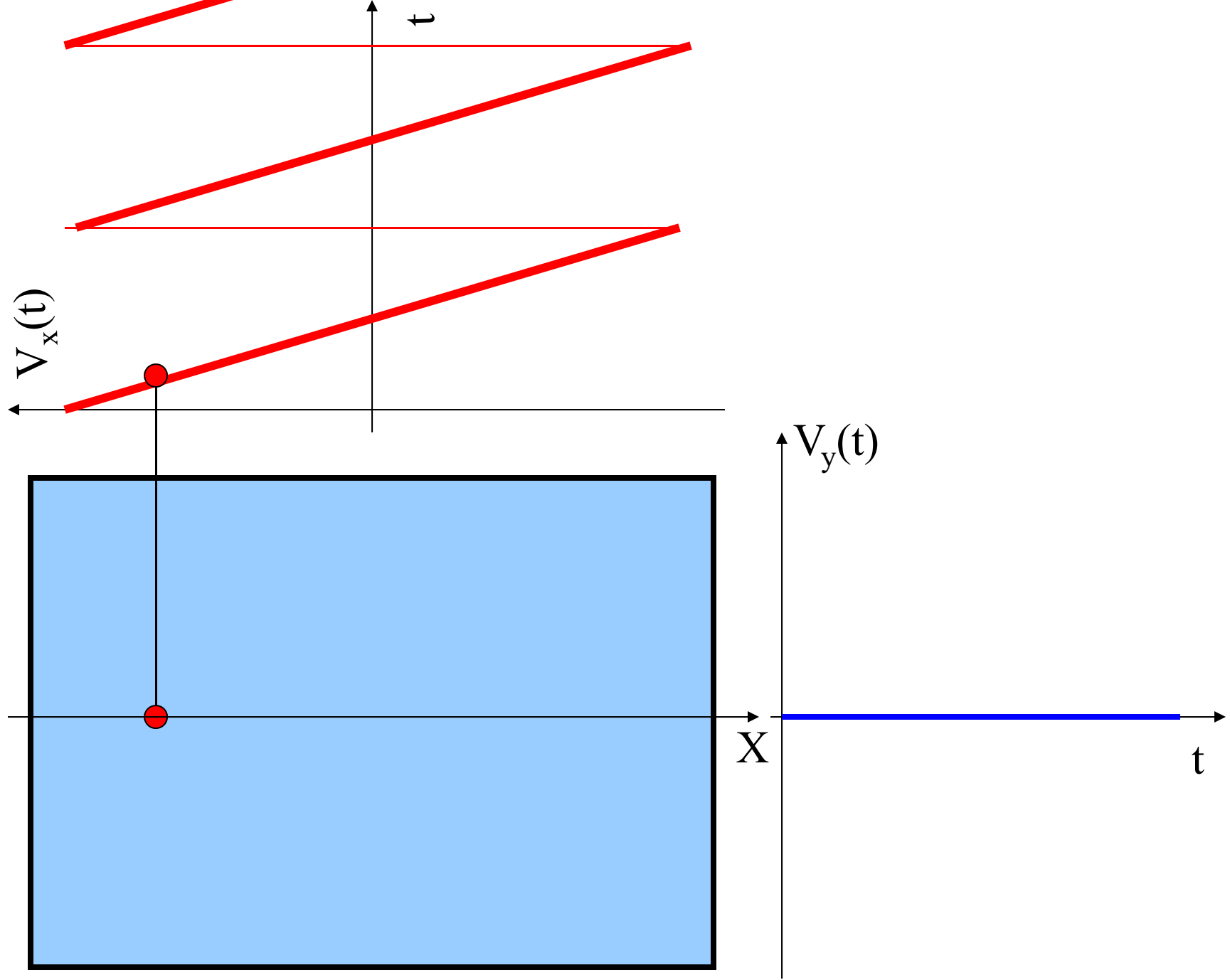
- Contemporaneamente viene generata internamente all' oscilloscopio una tensione V_x a dente di sega:

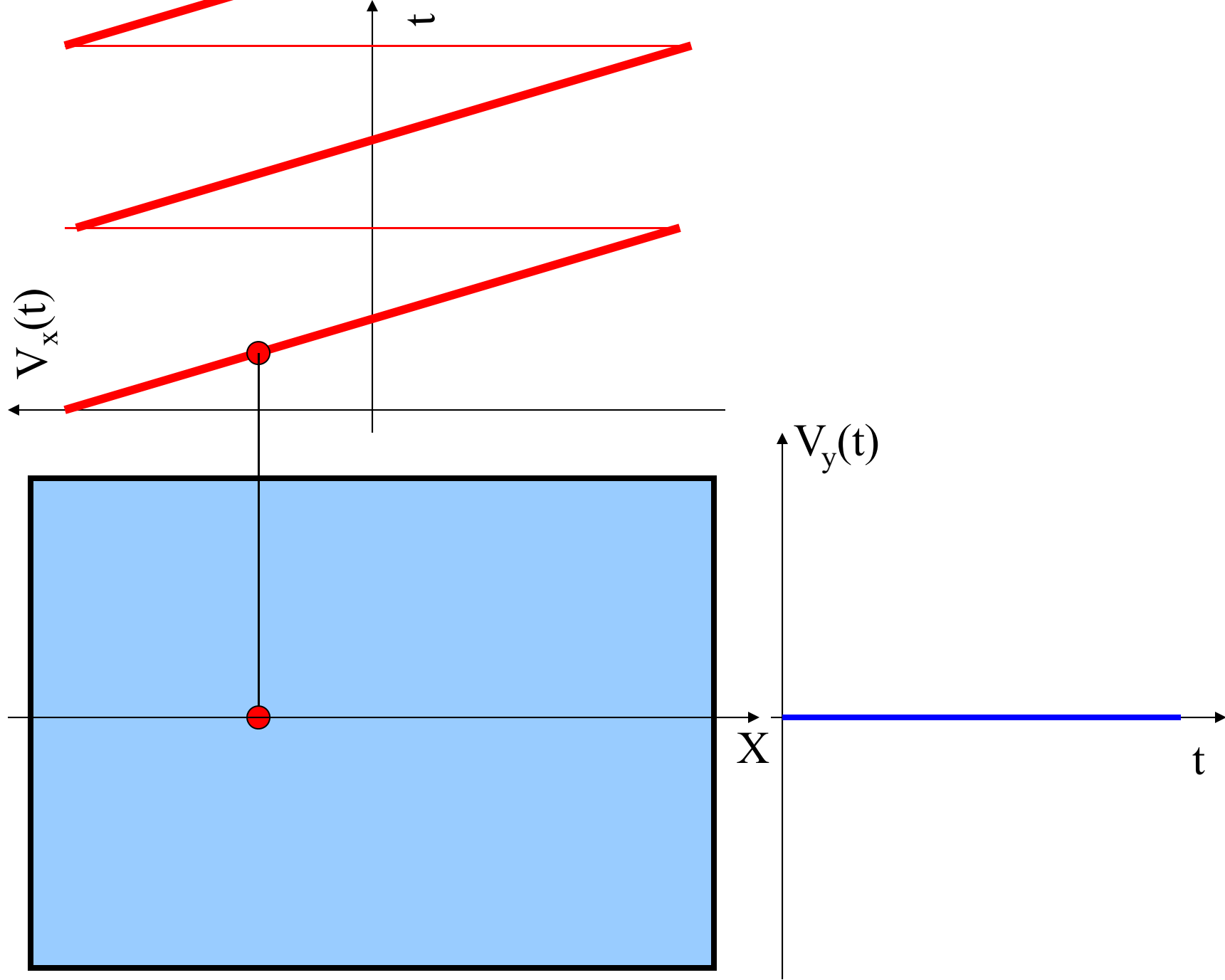
$$X = D_X t$$

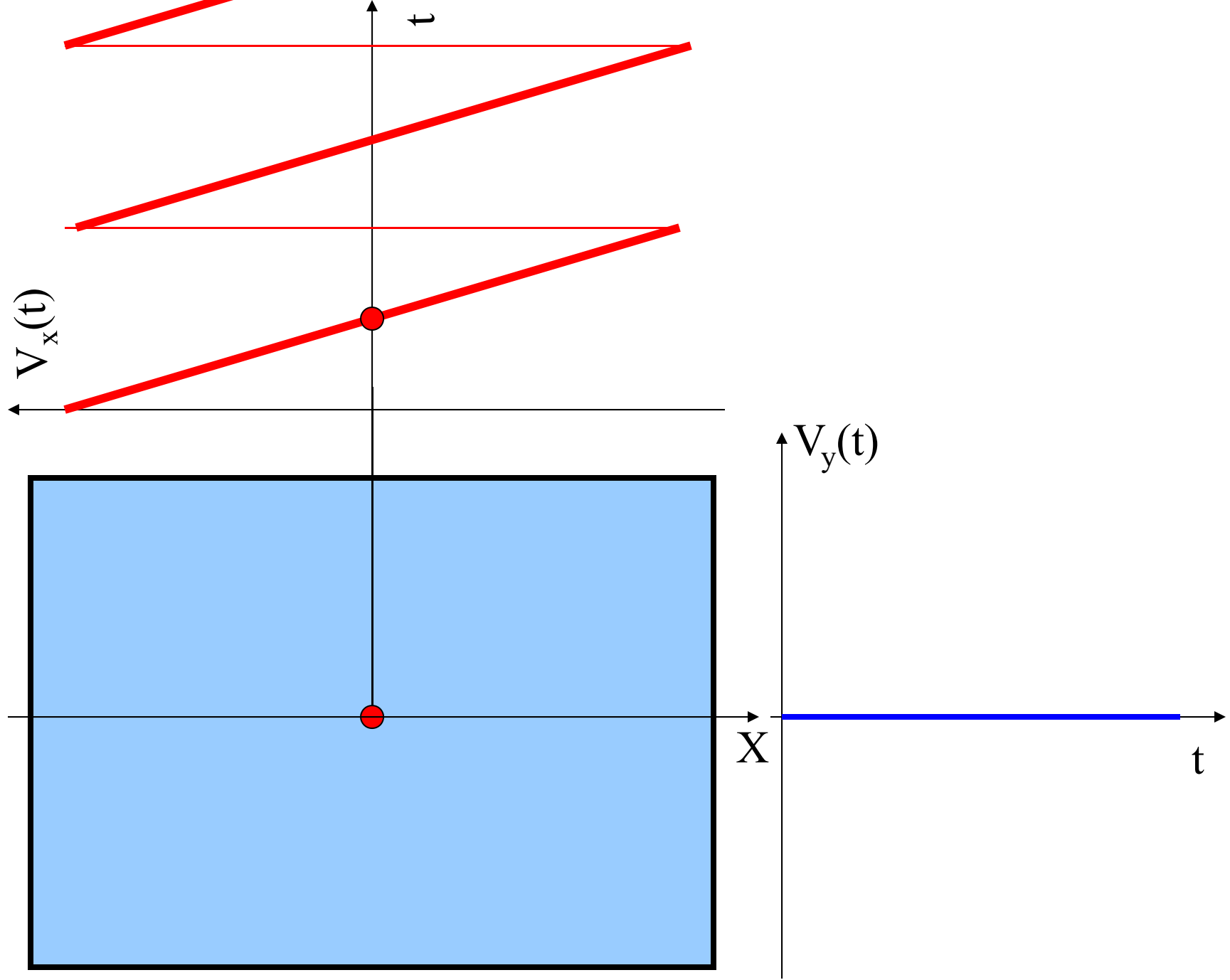
- Quindi la tensione da studiare provoca lo spostamento verticale del punto luminoso, e contemporaneamente questo si sposta a velocità costante orizzontalmente. Il risultato è un grafico della tensione in funzione del tempo.
- Ovviamente, il fattore di deflessione orizzontale va regolato in modo da poter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

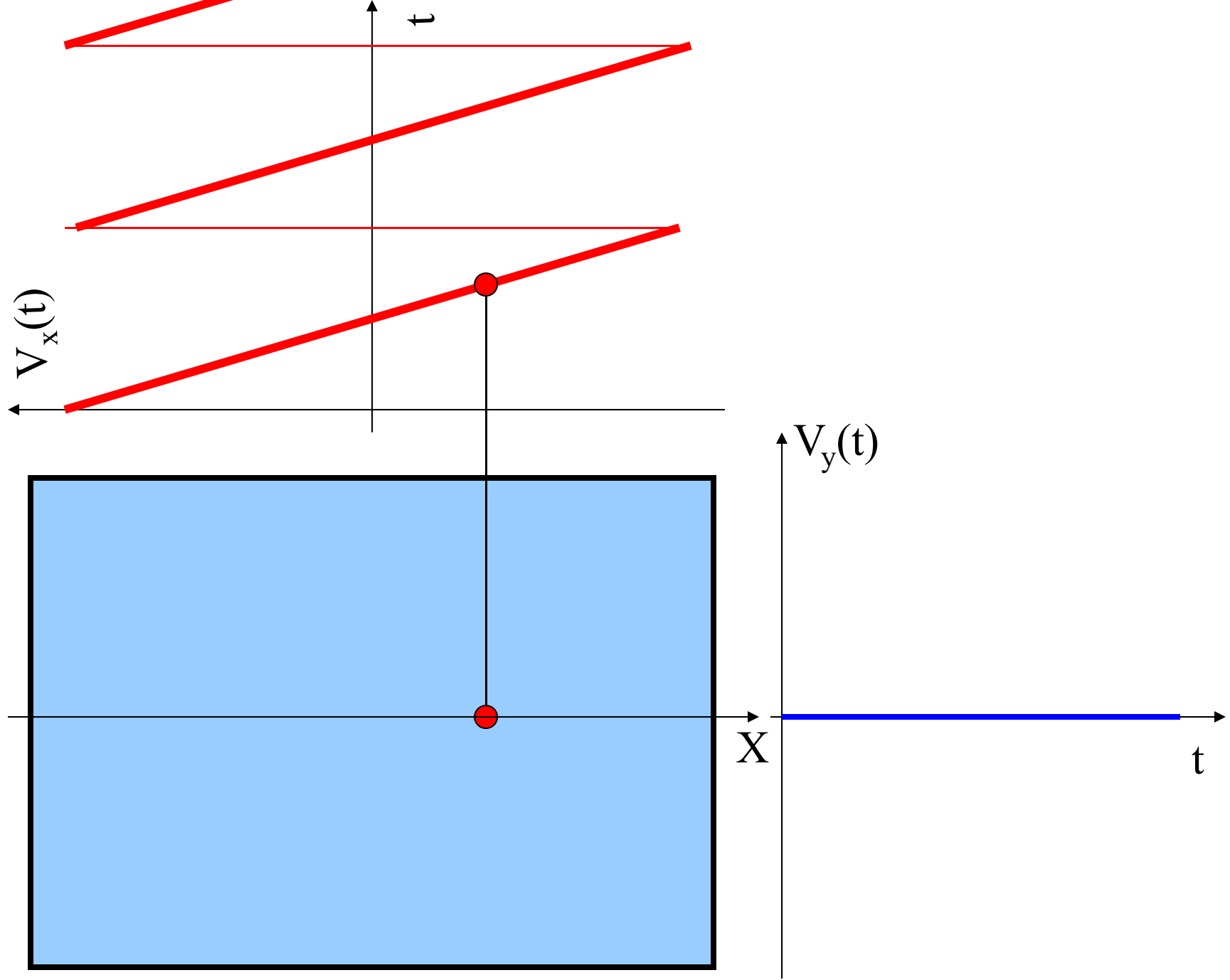


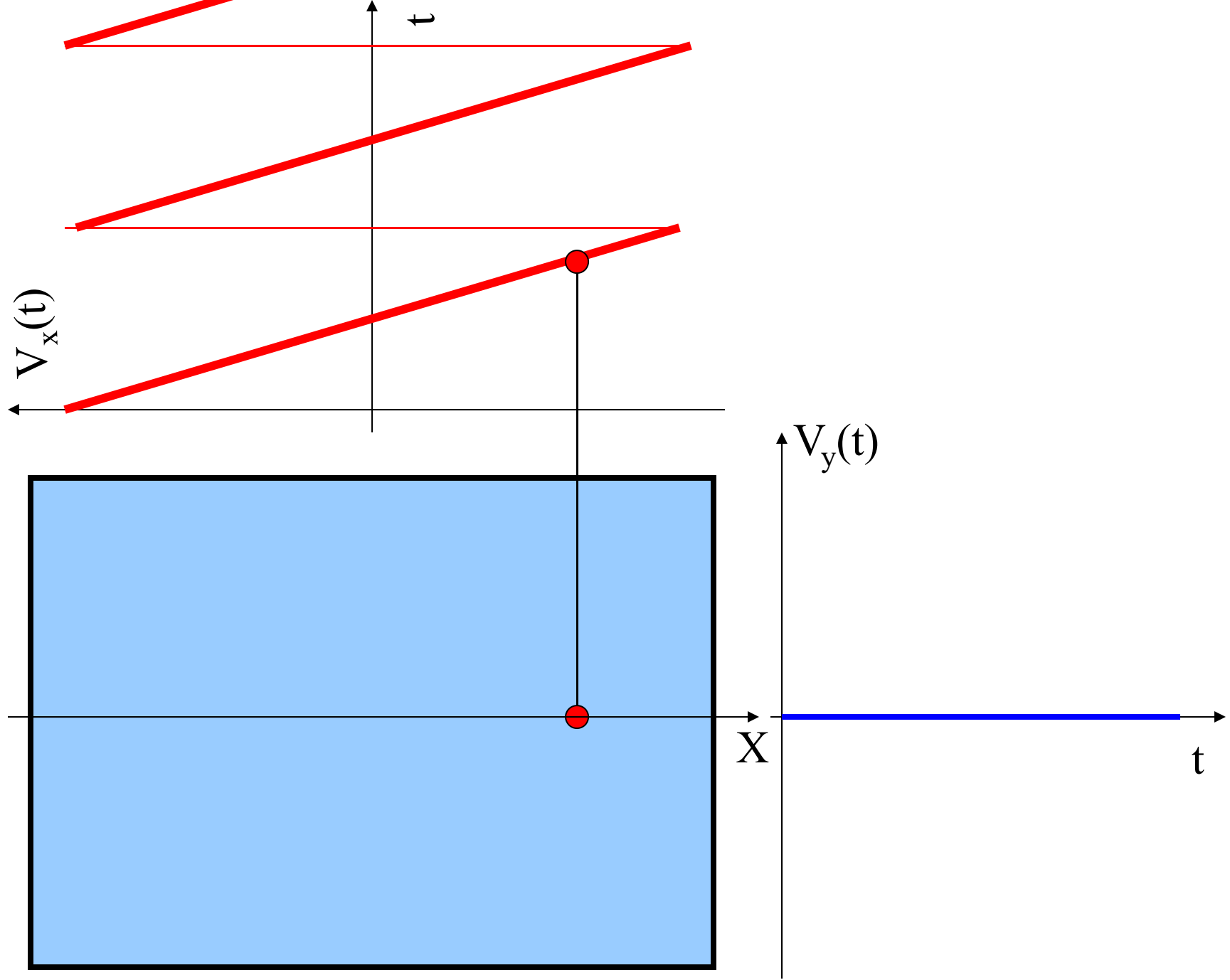


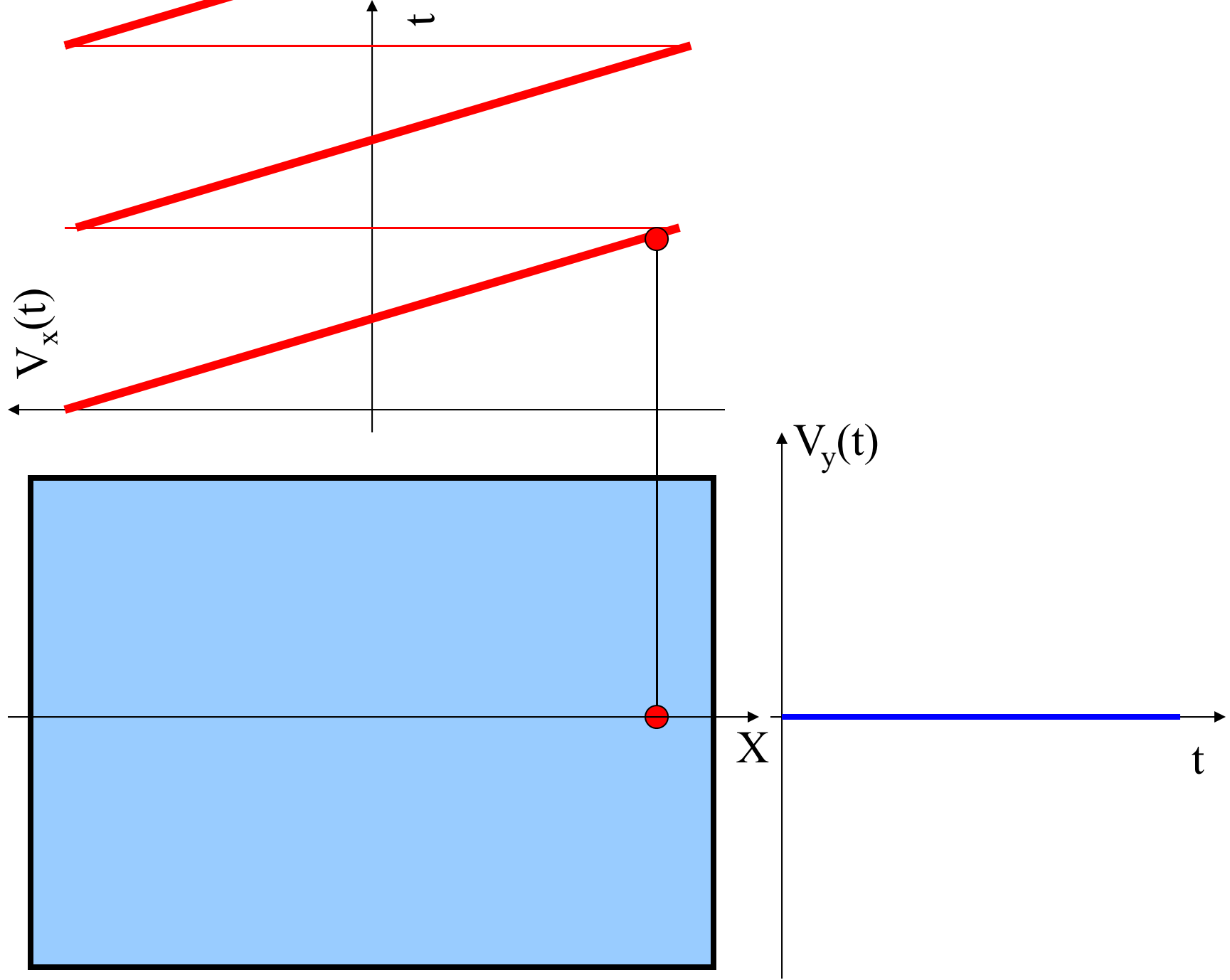


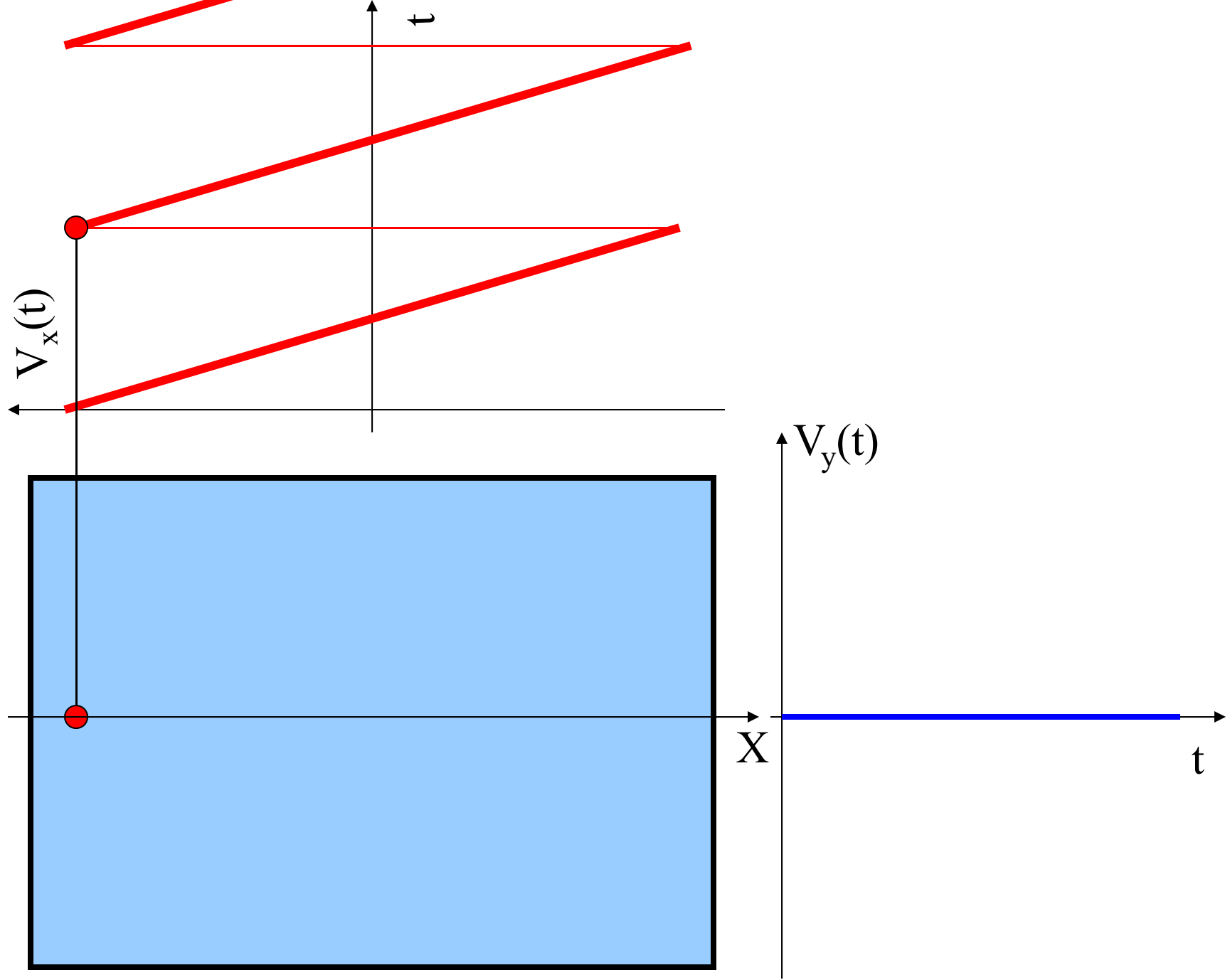


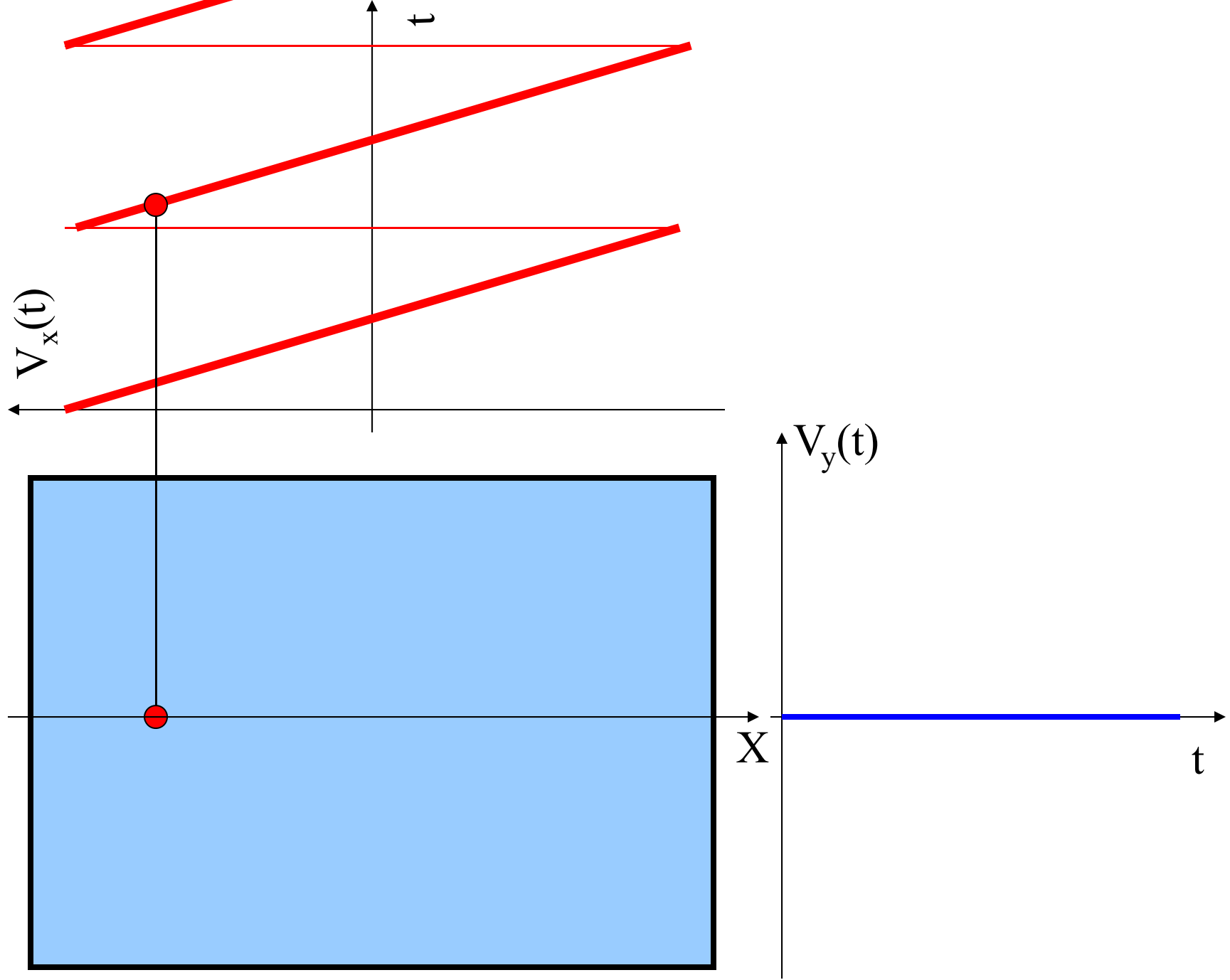


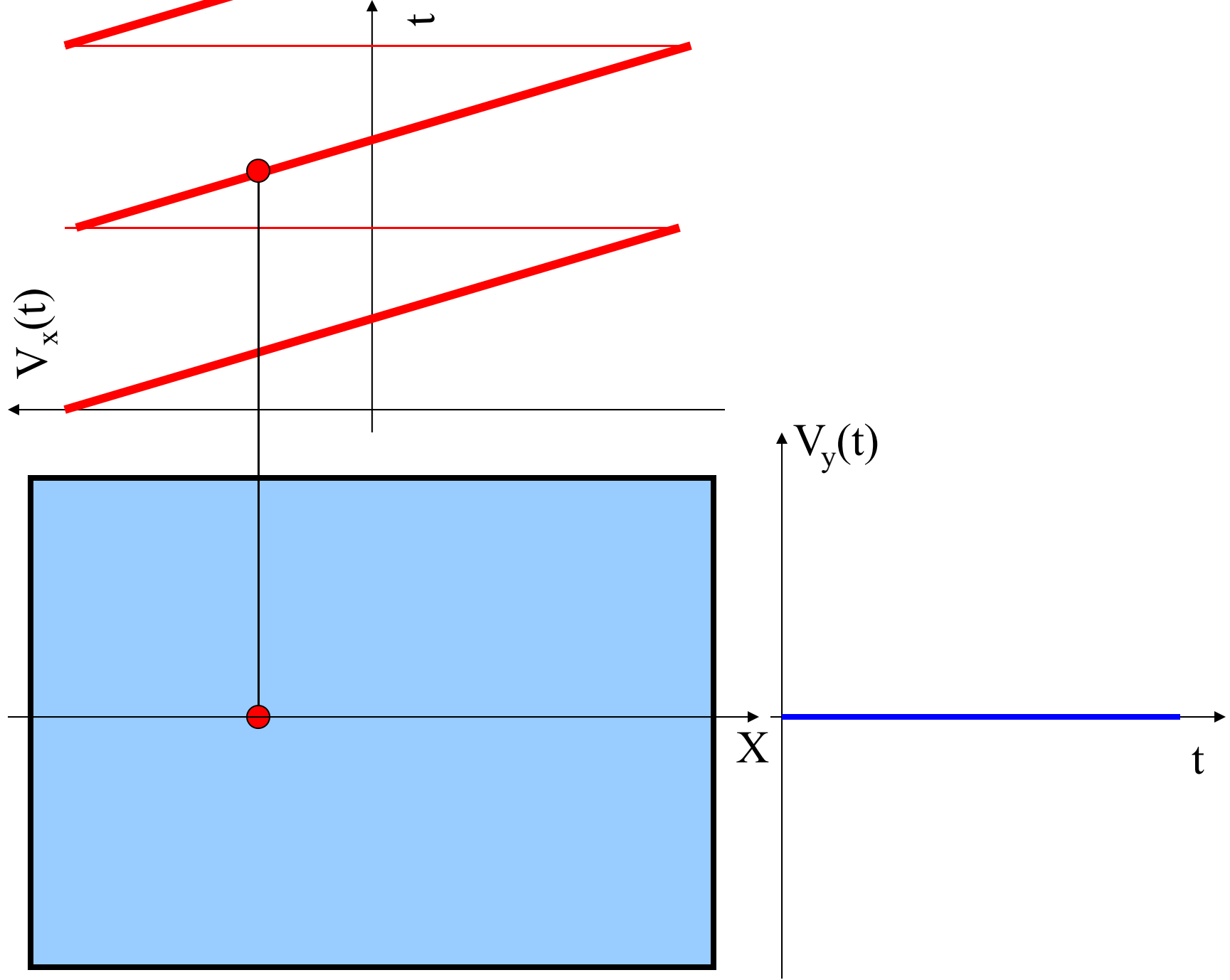


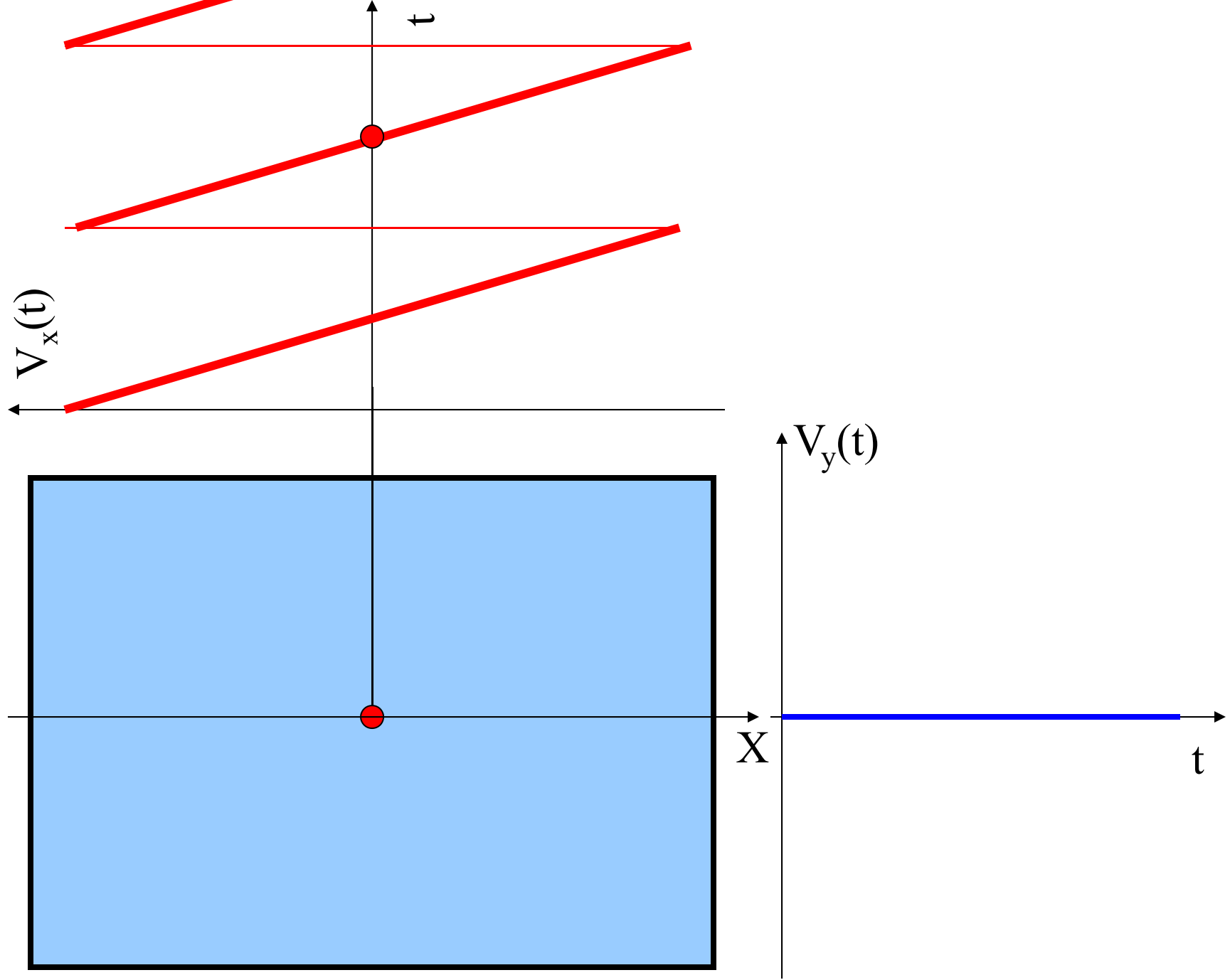


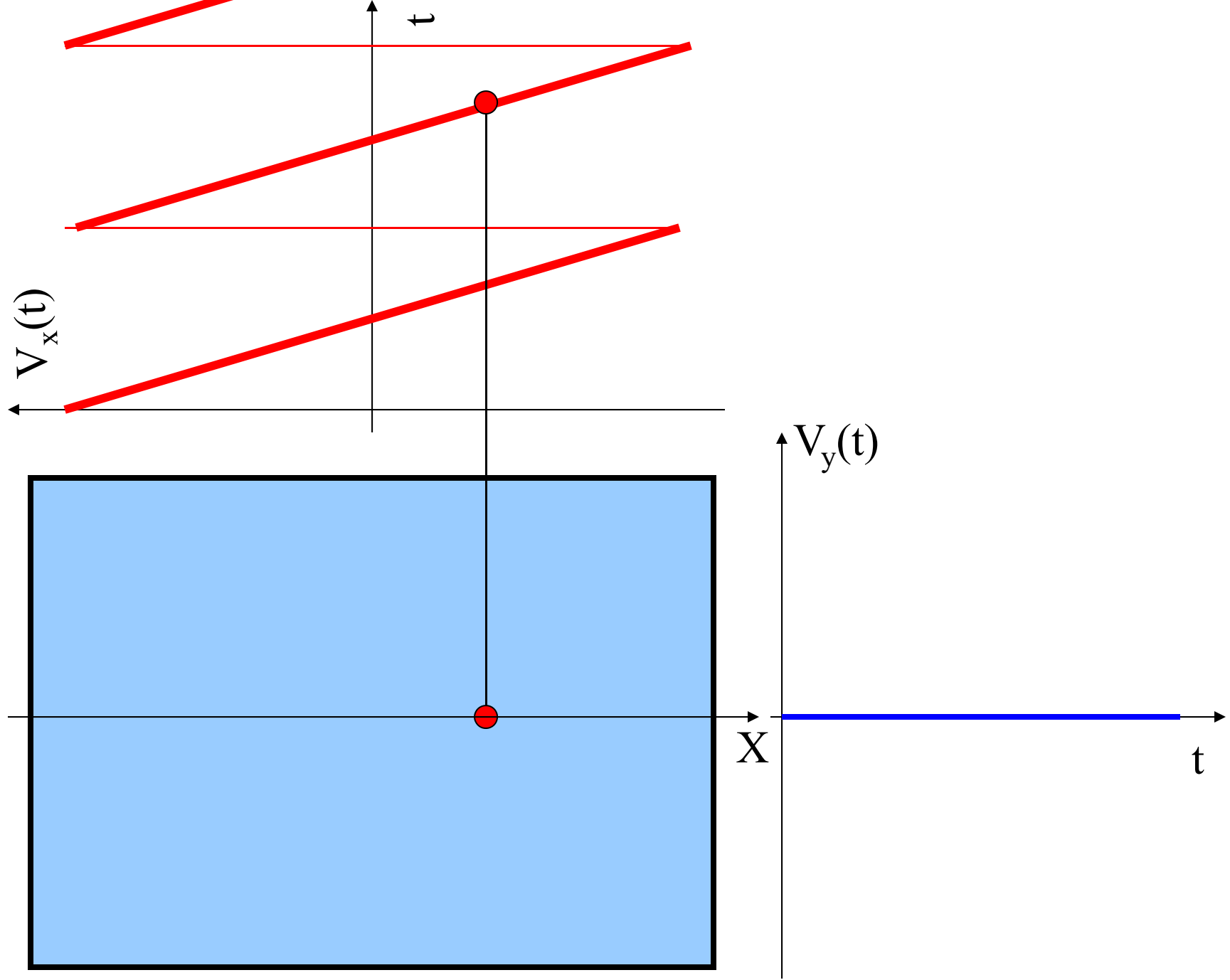


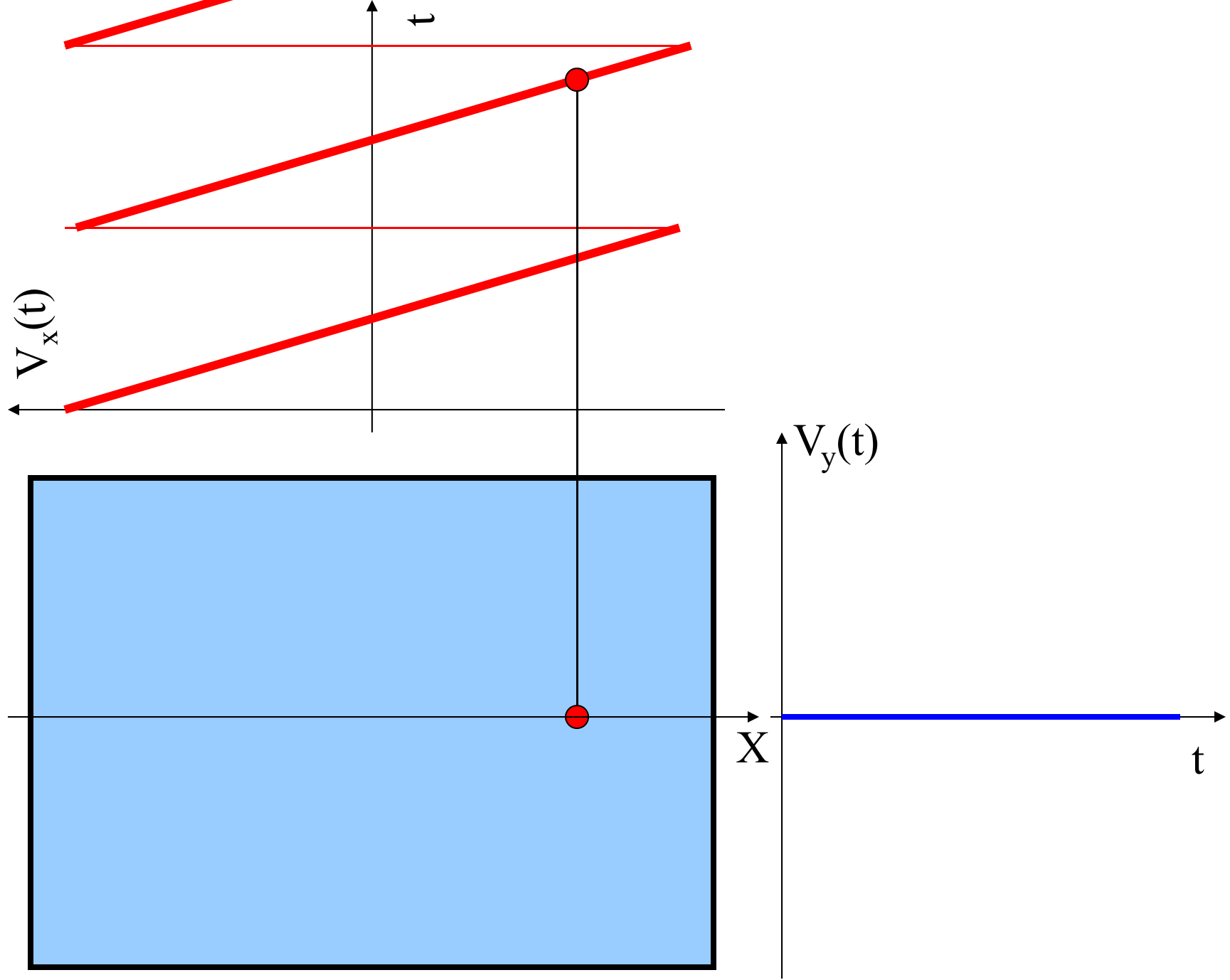


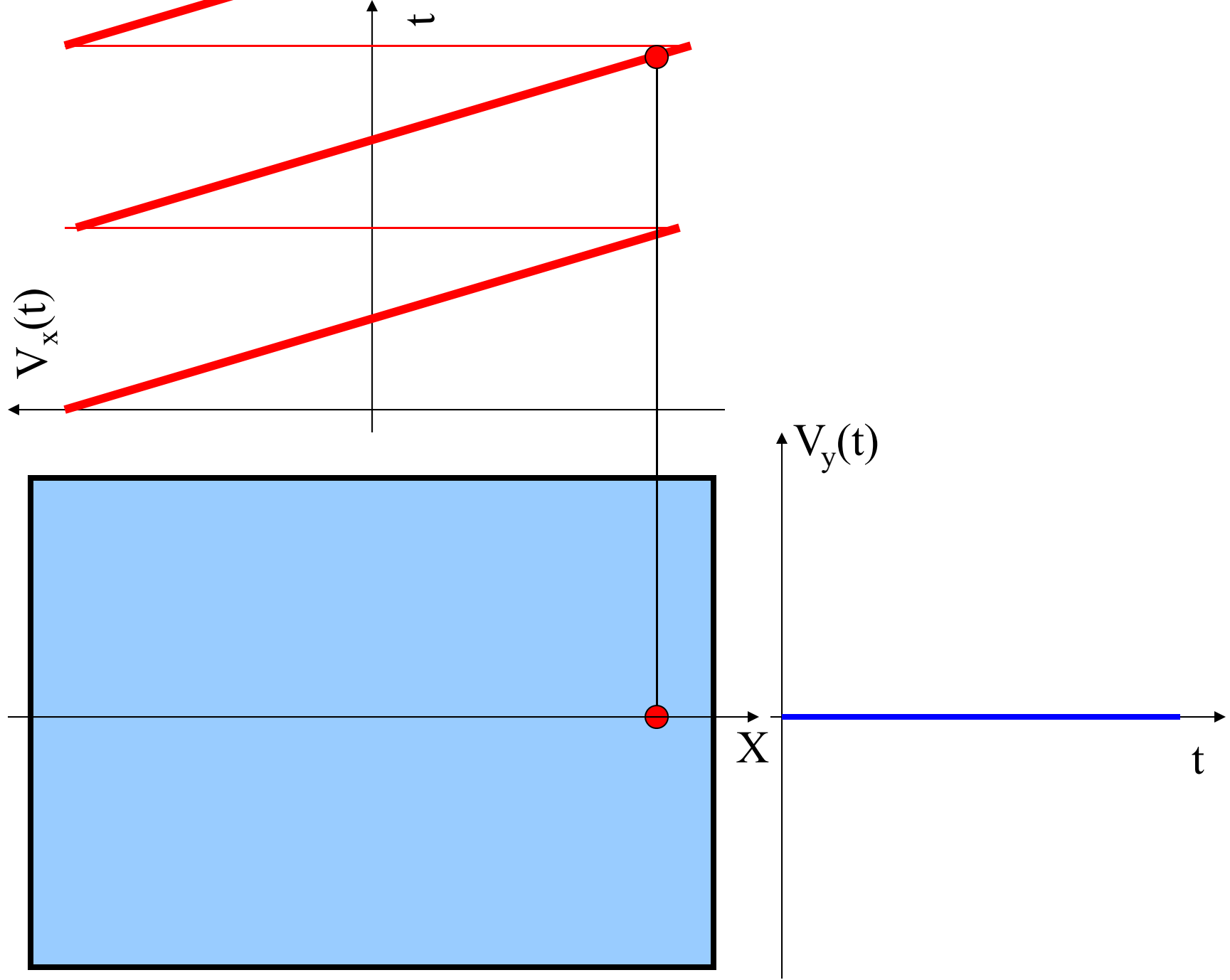


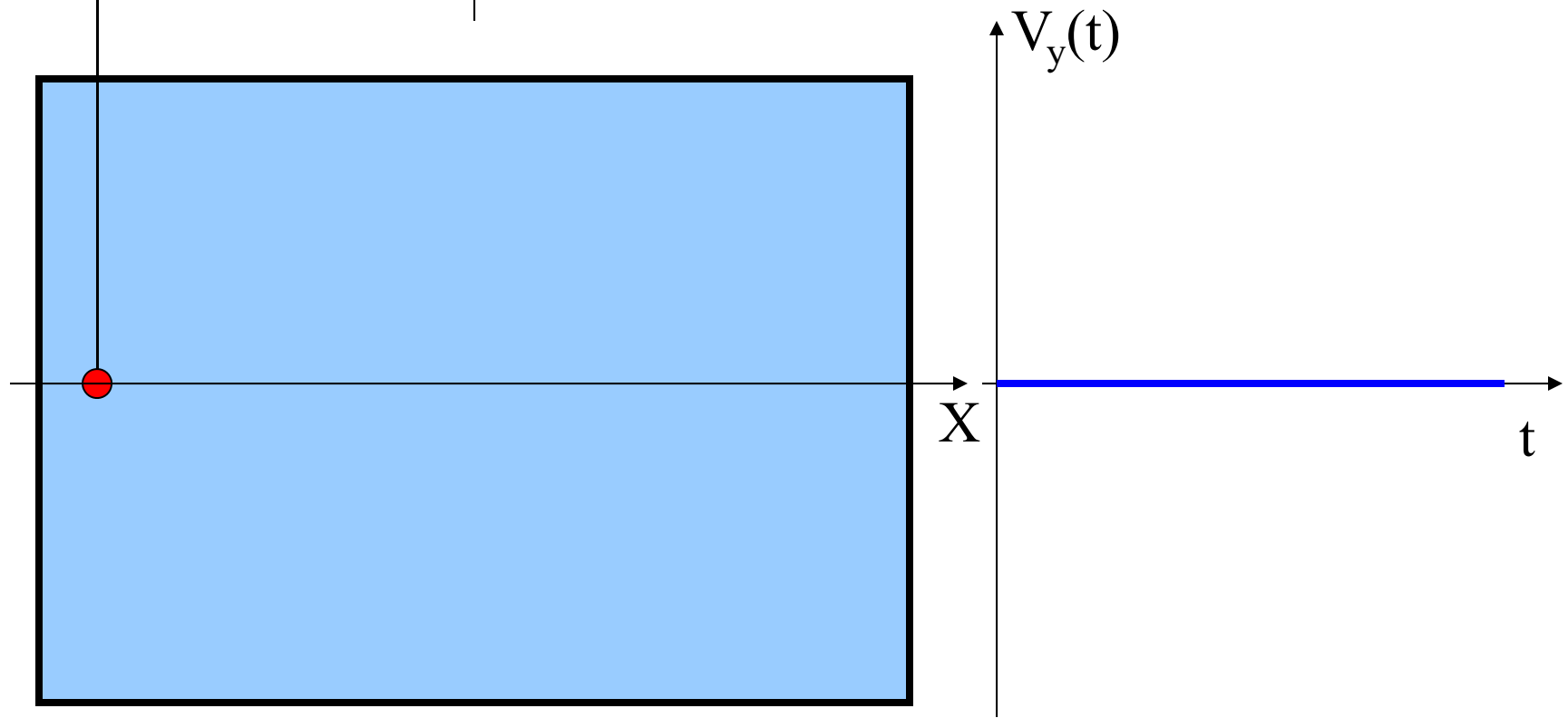
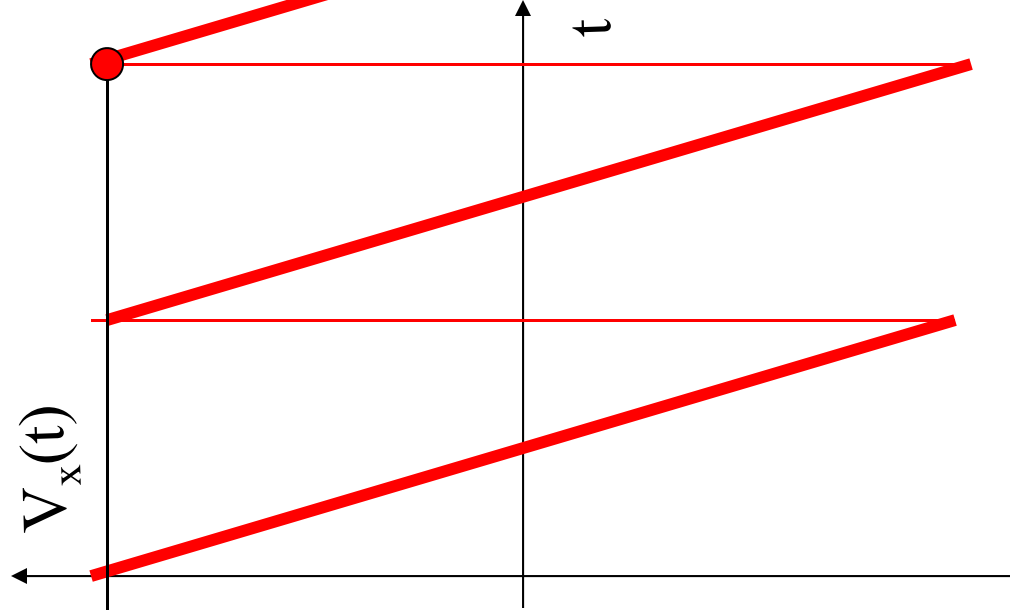


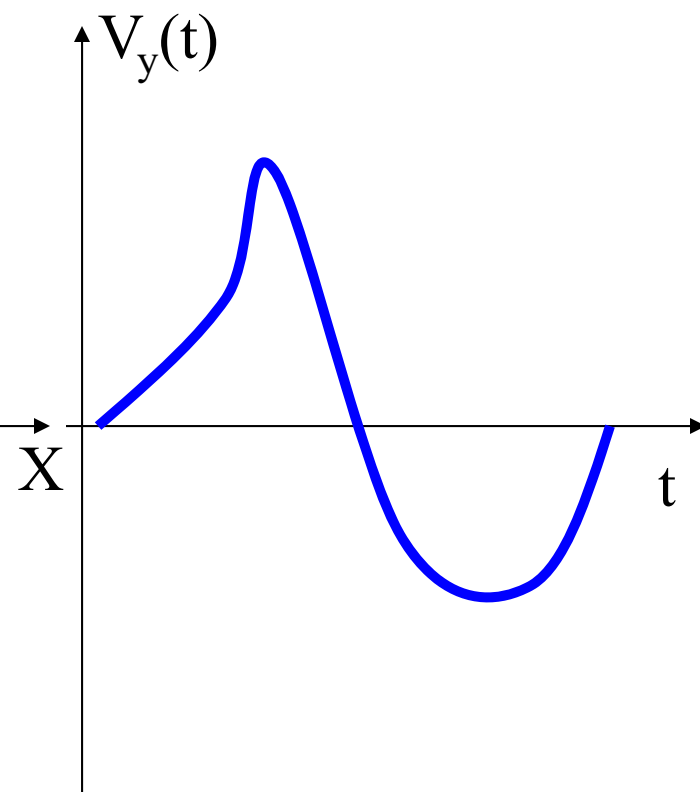
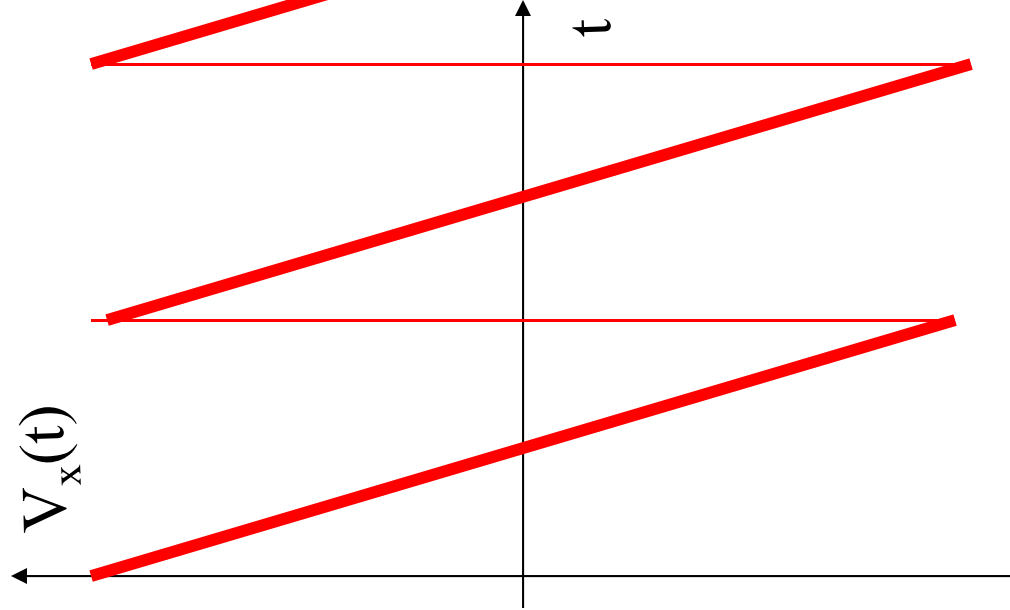


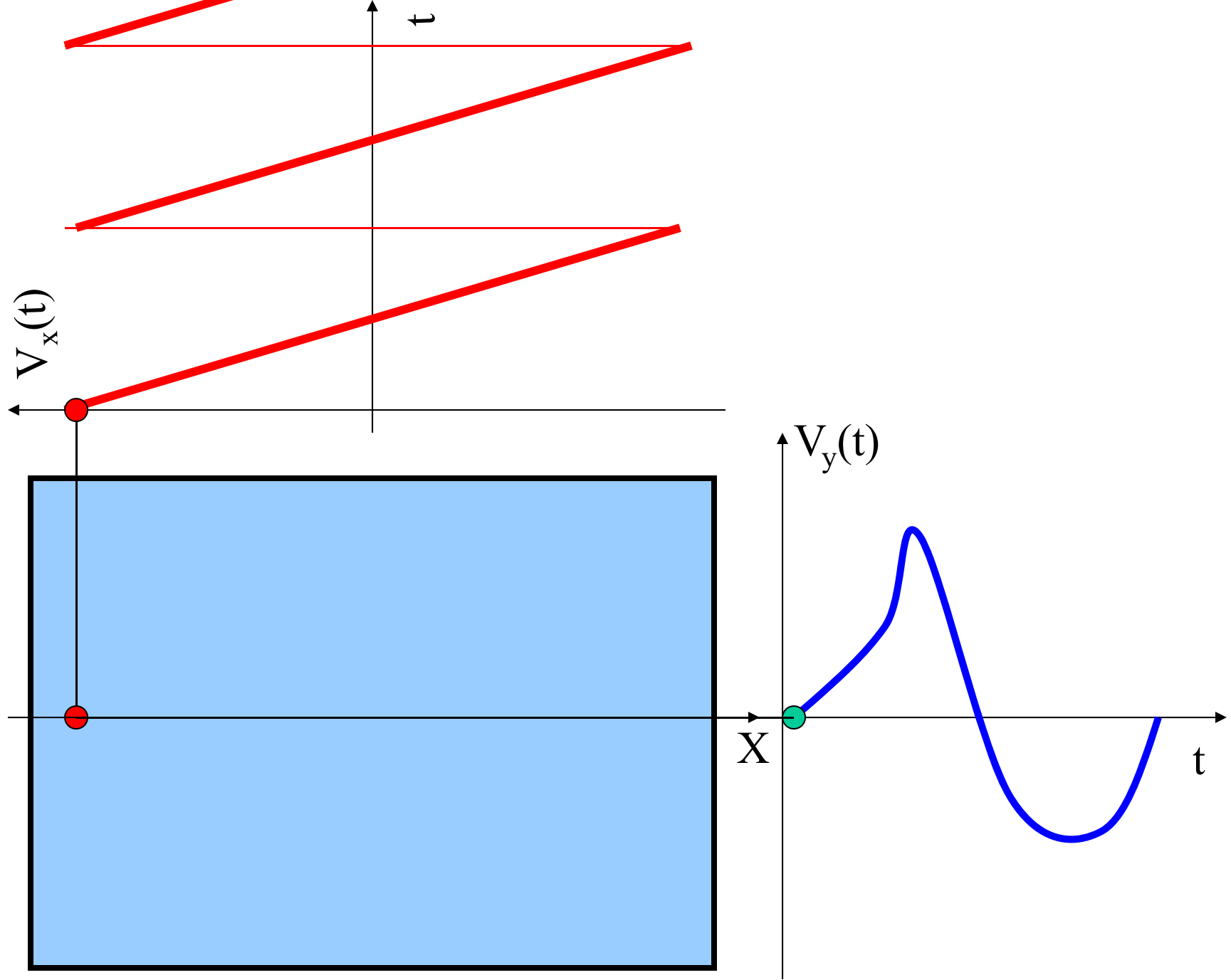


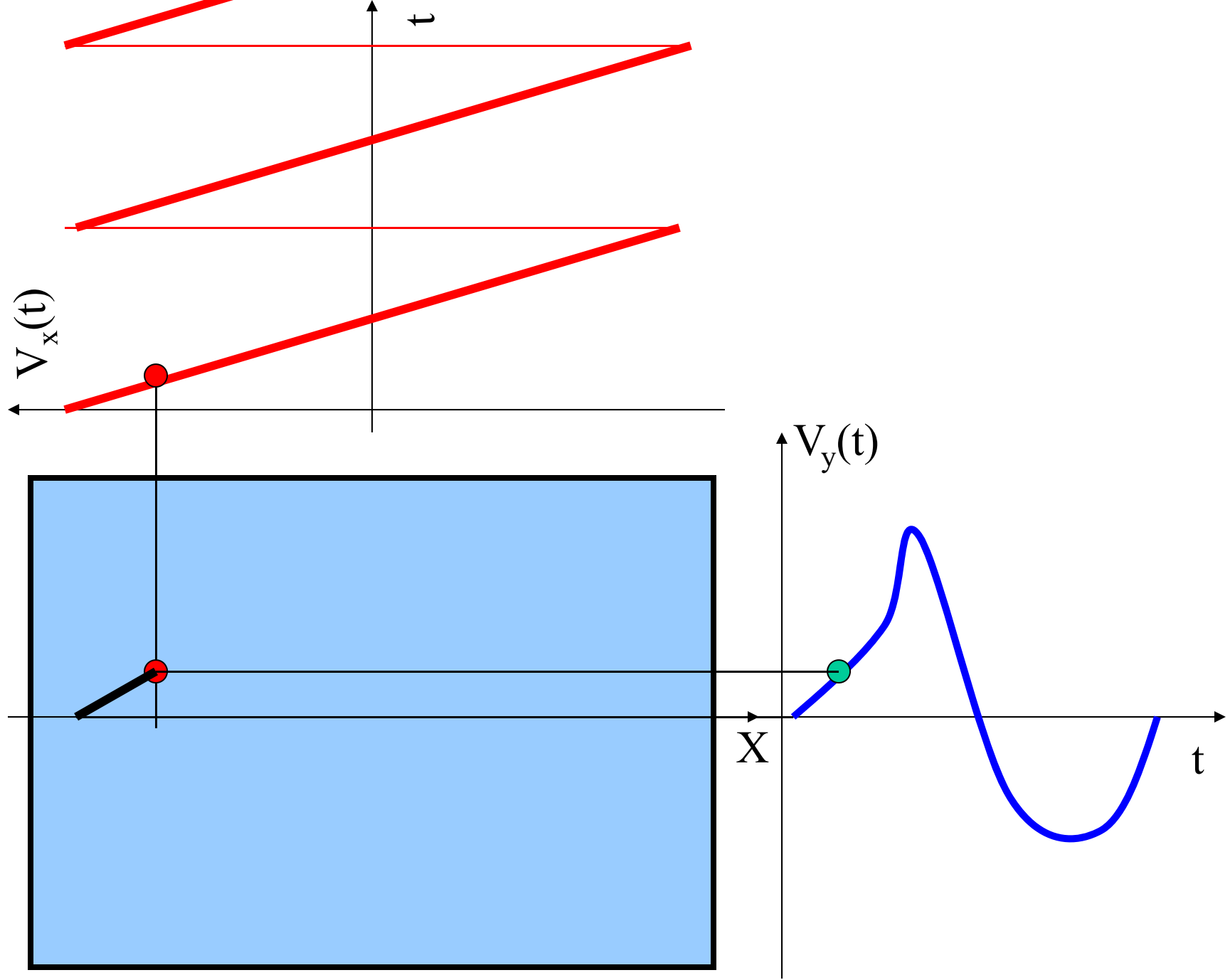


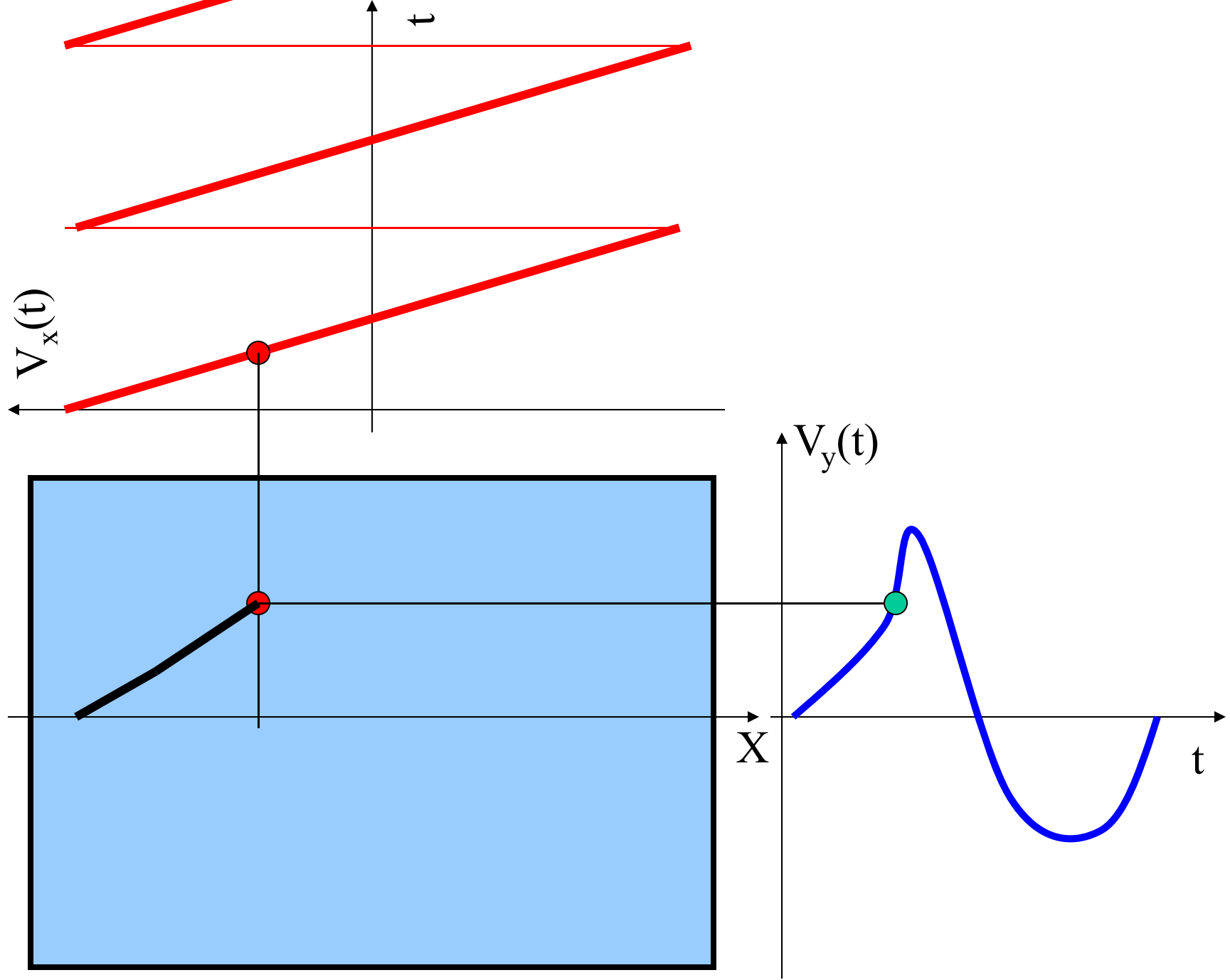


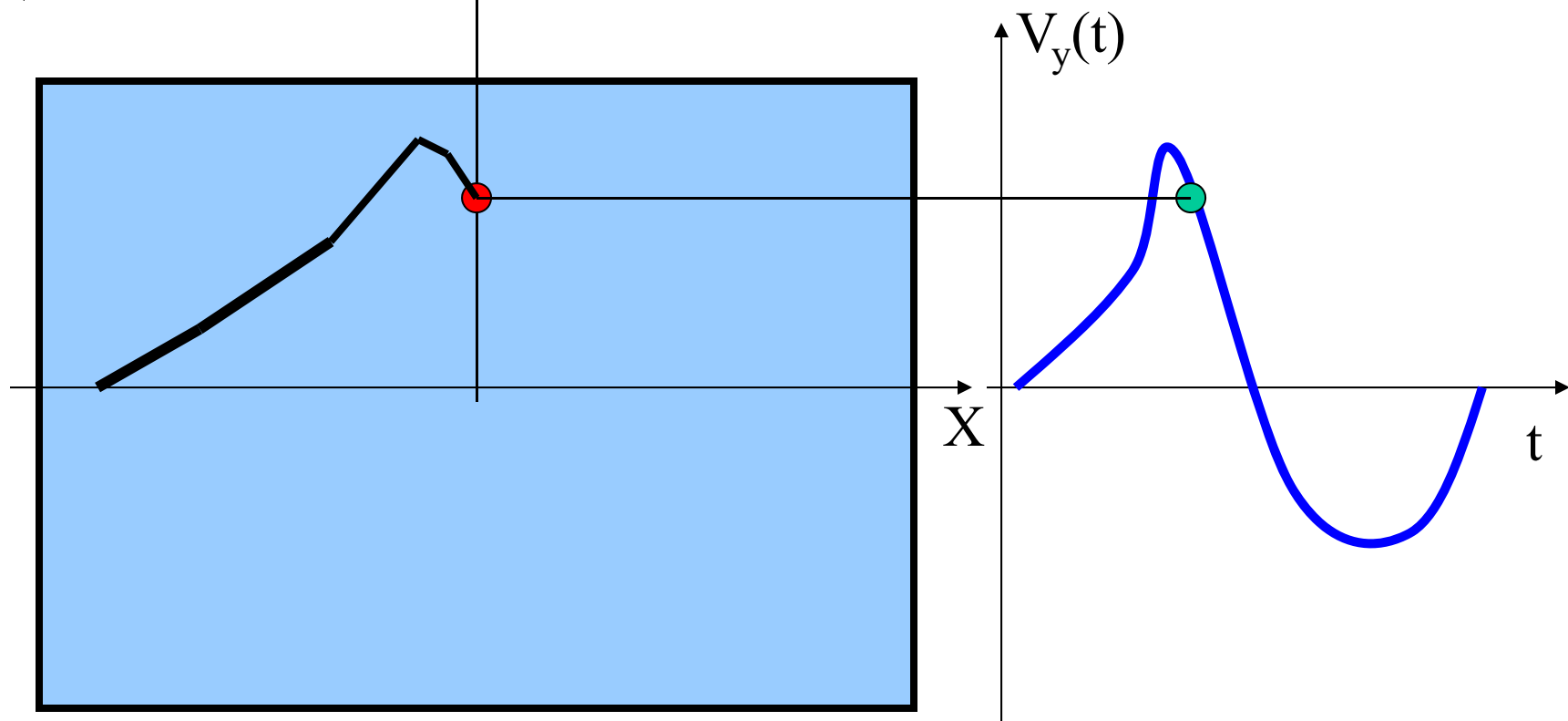
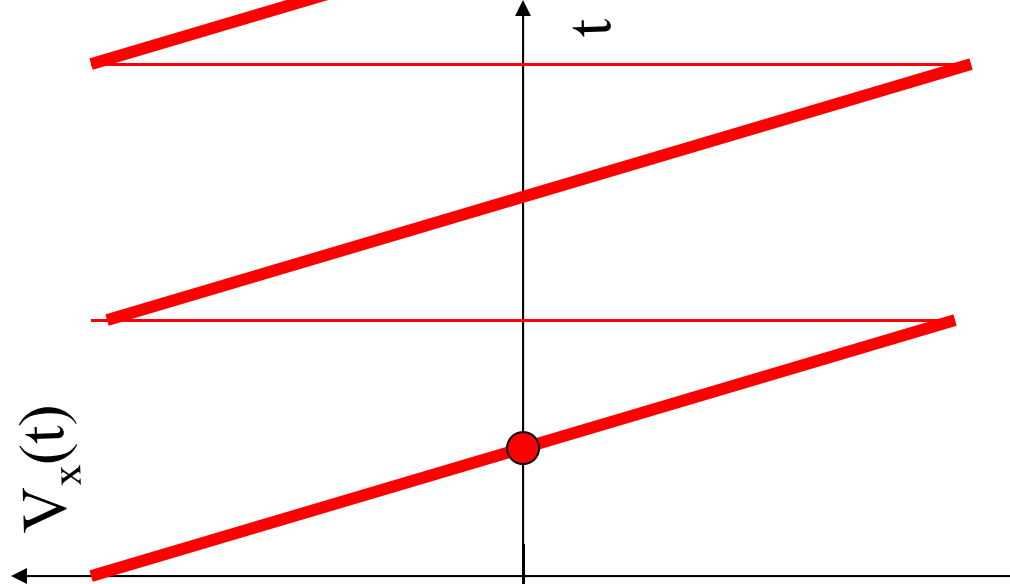


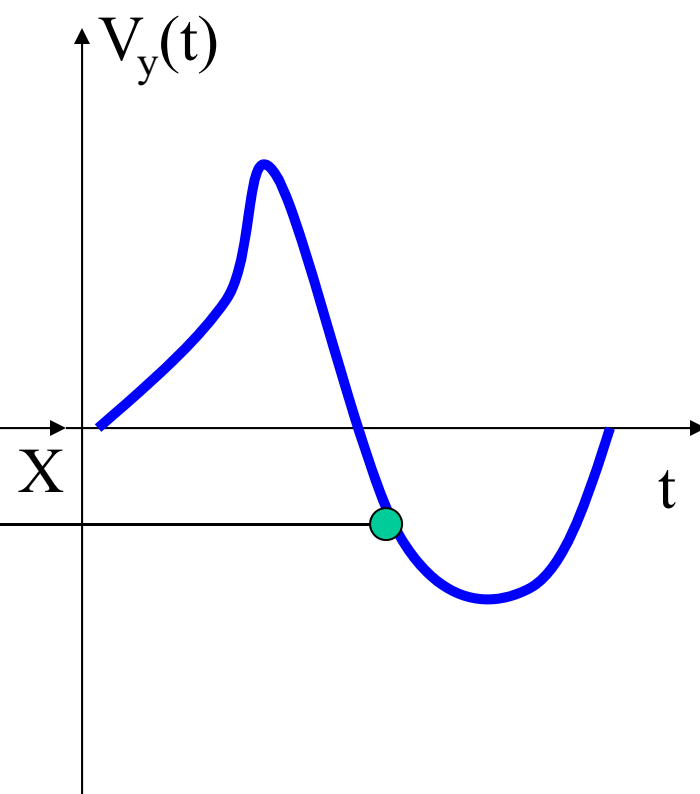
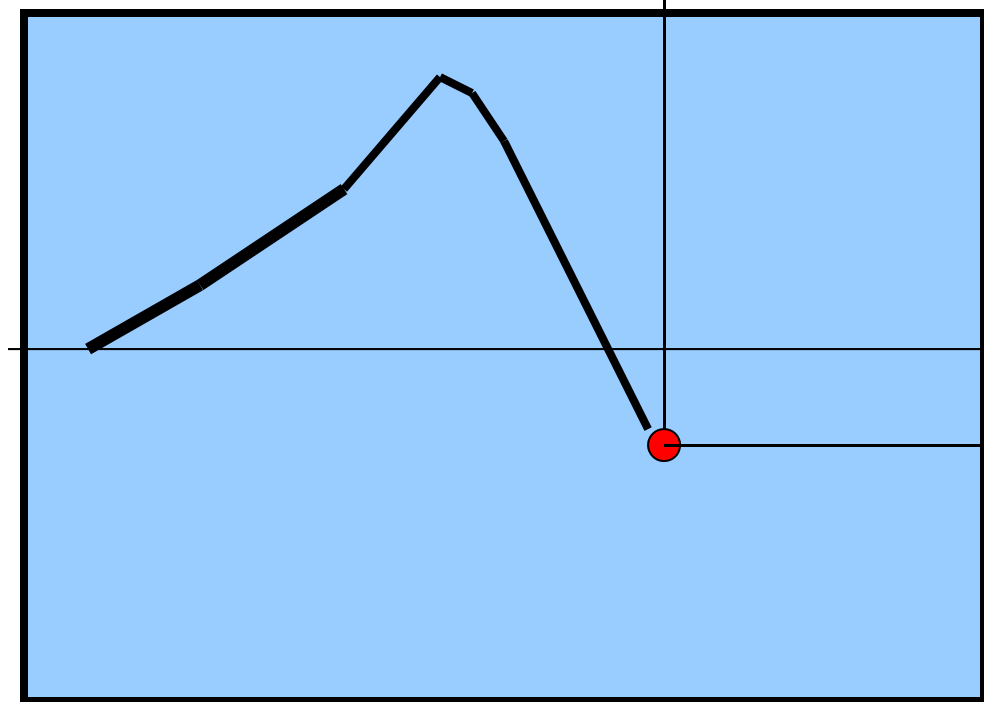
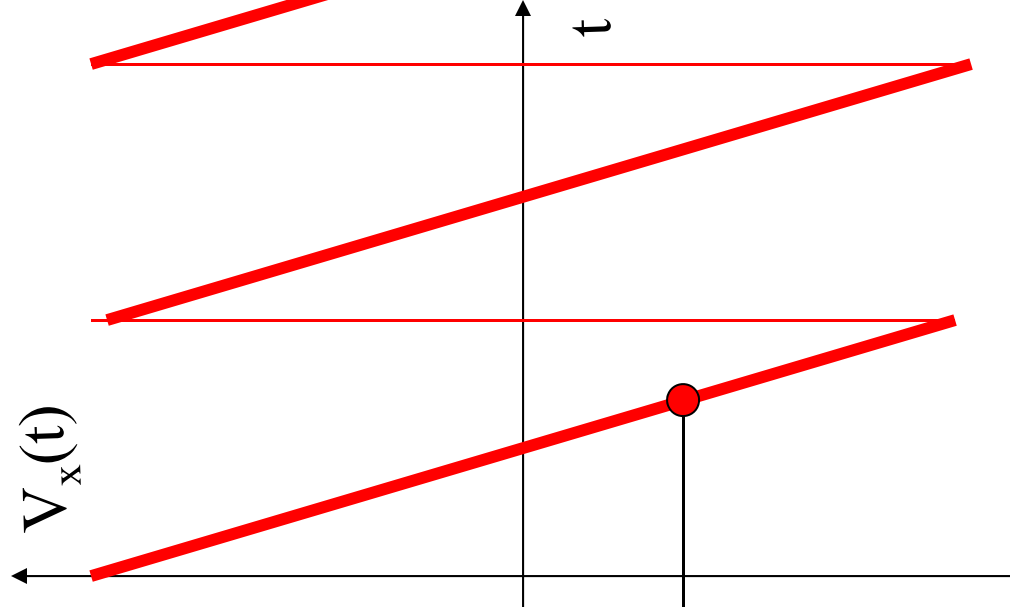


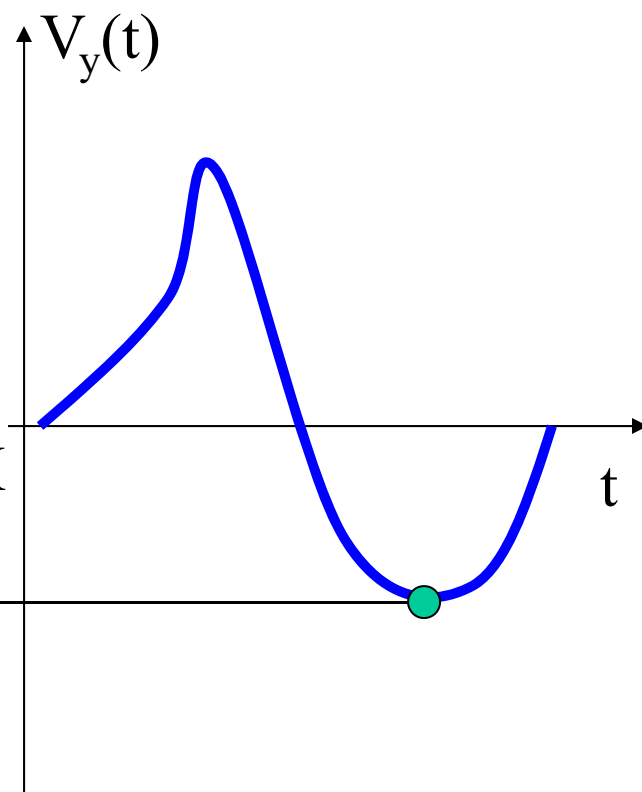
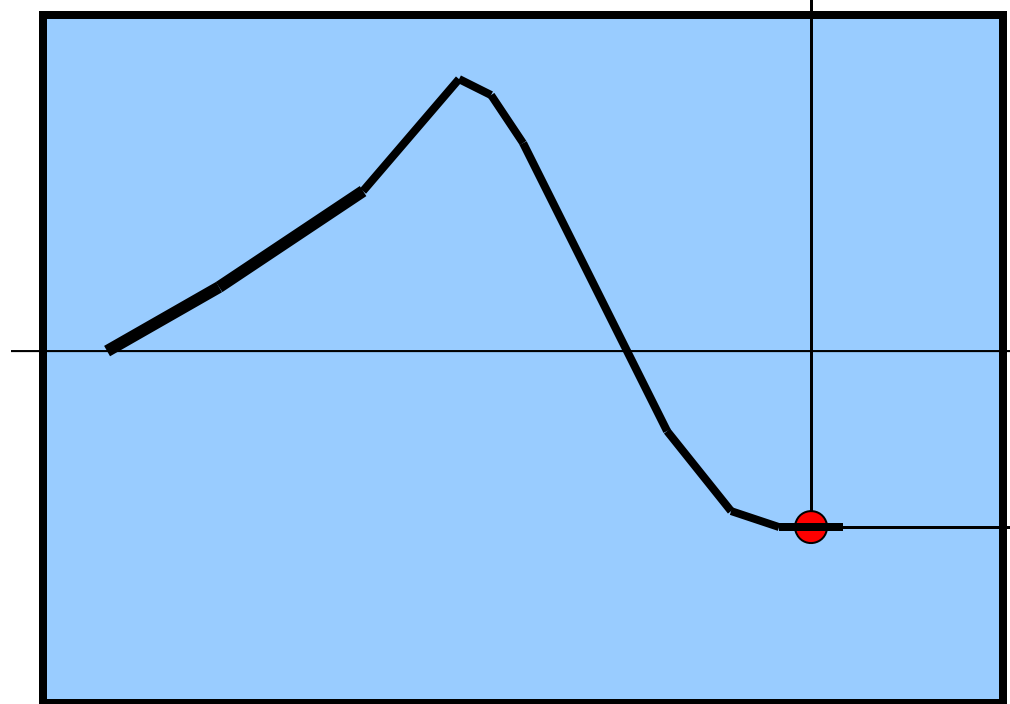
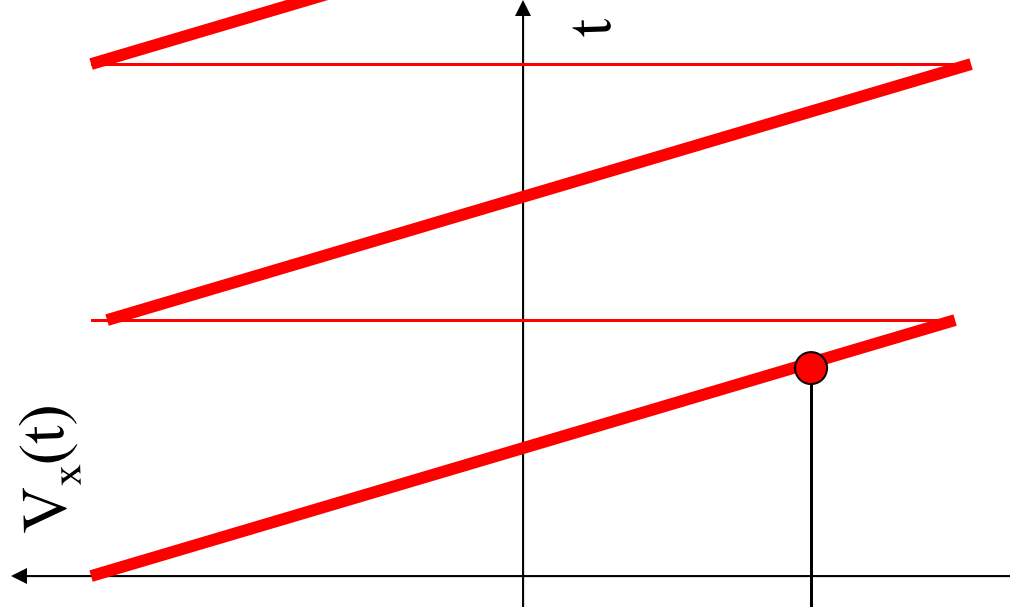


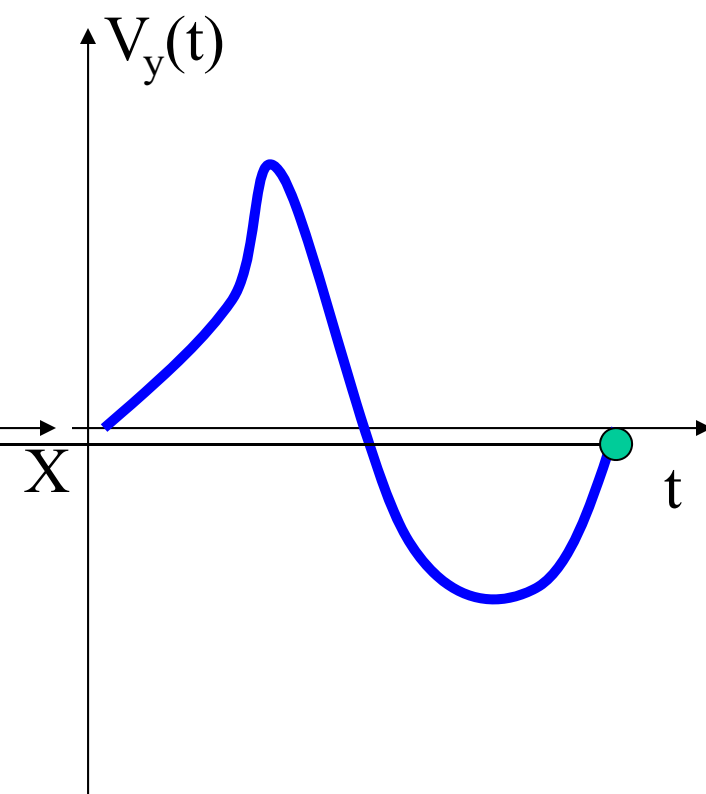
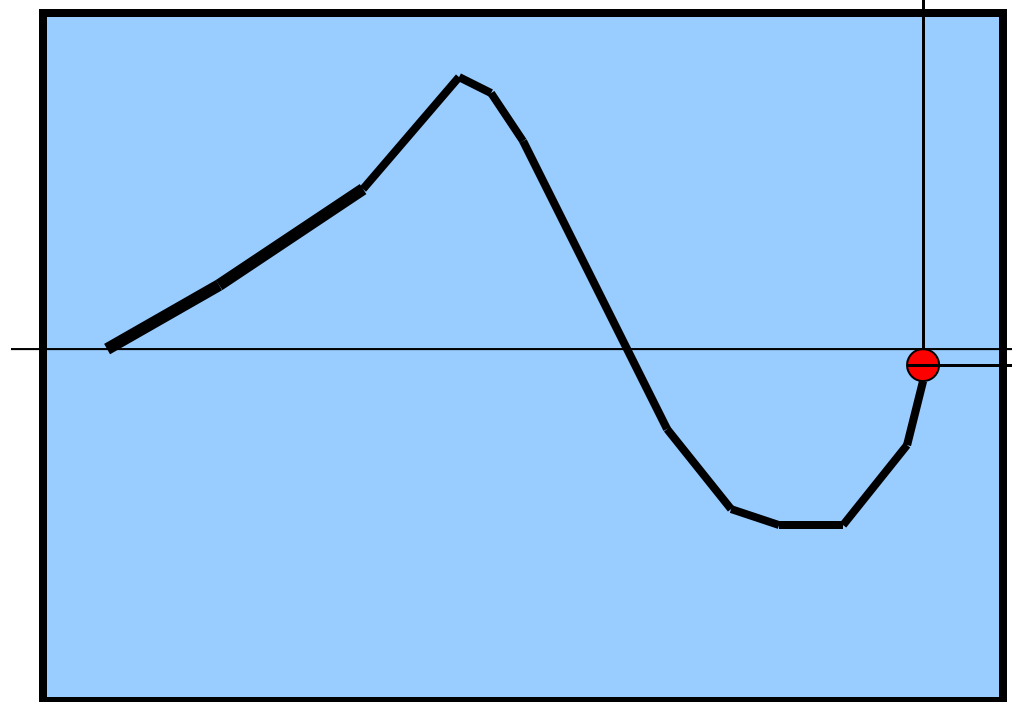
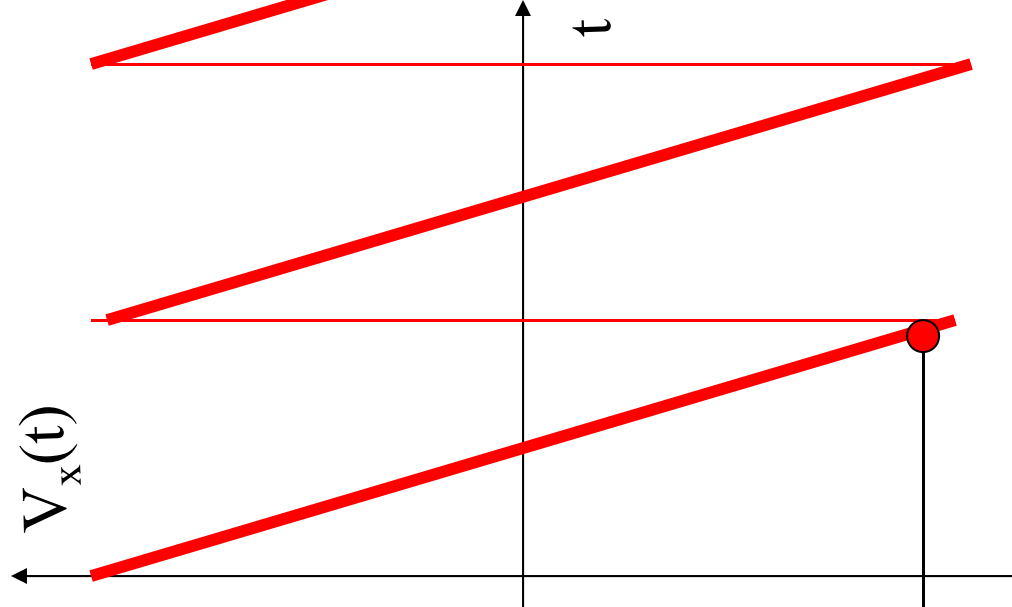


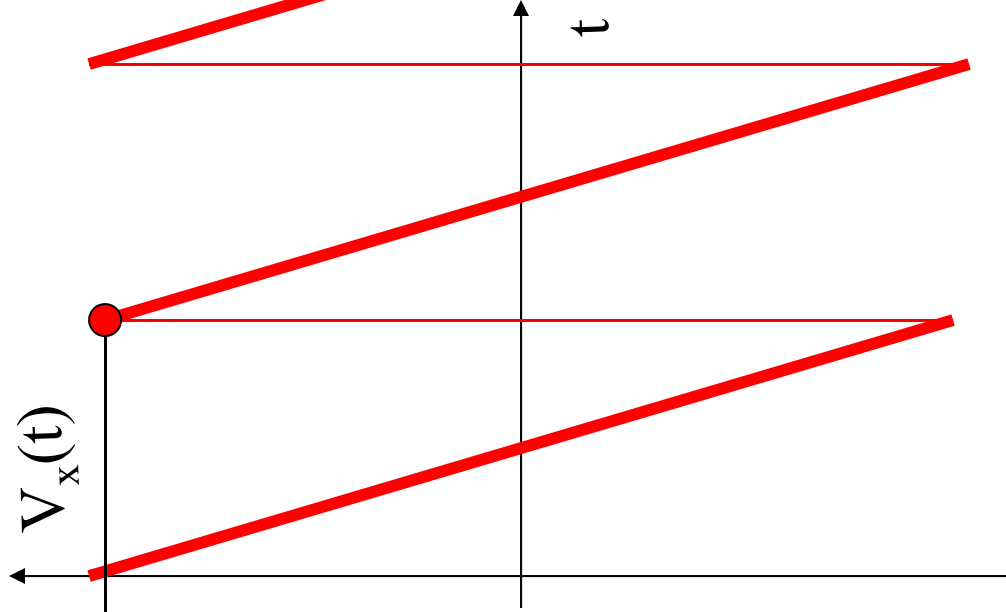




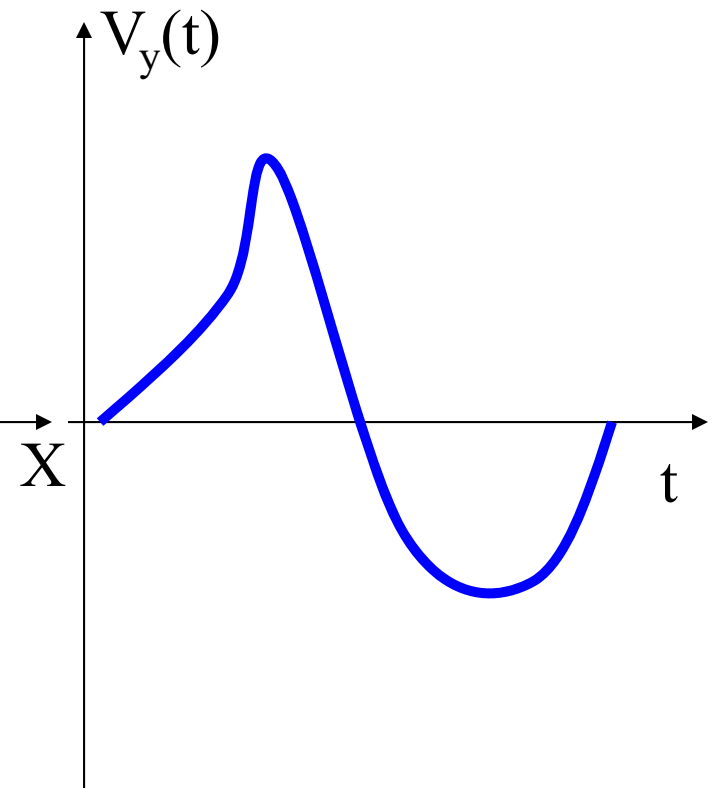
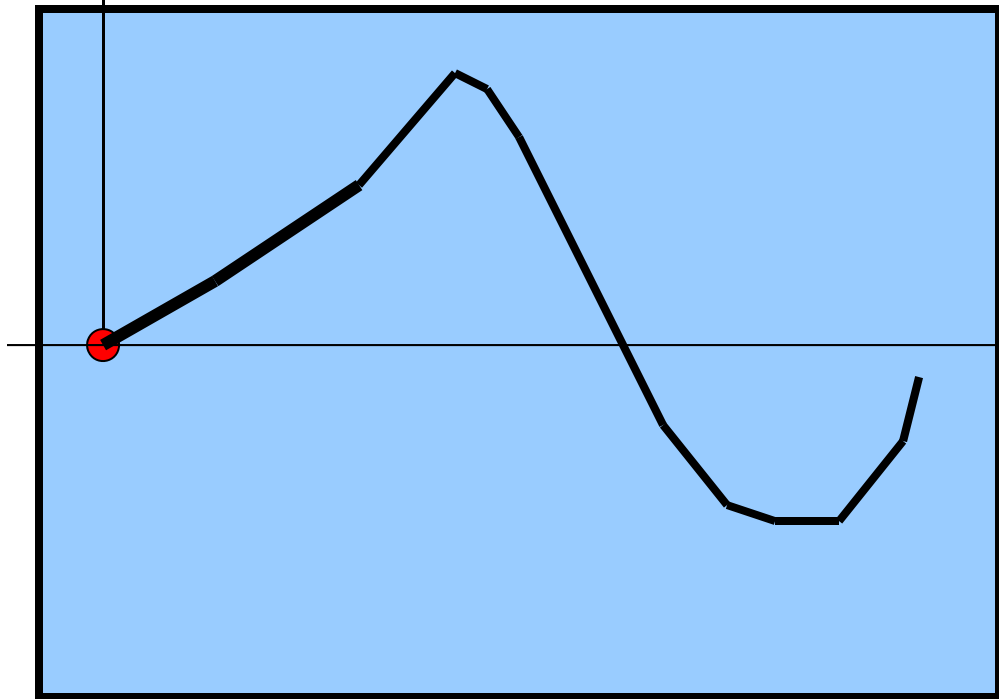


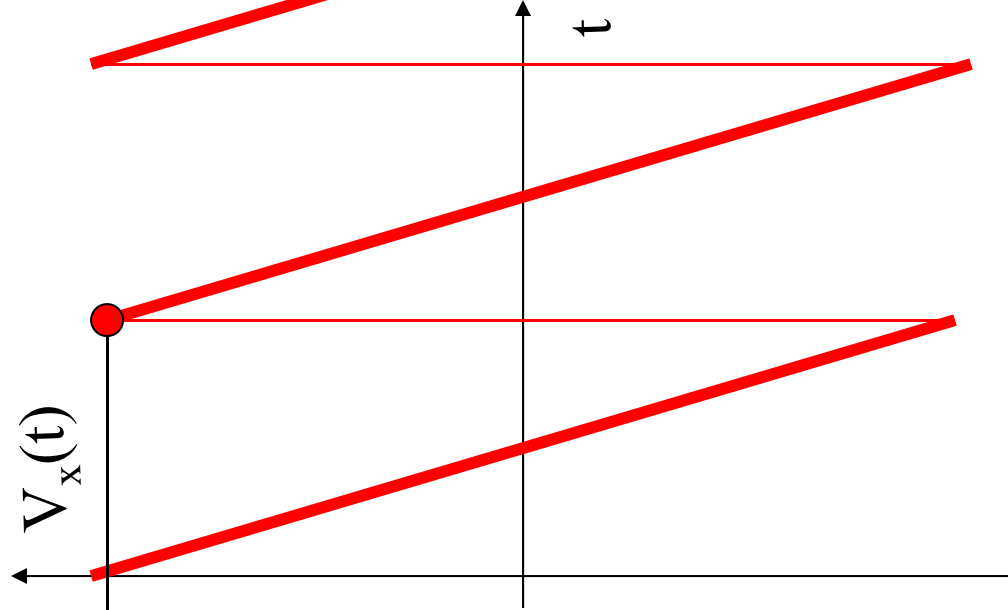




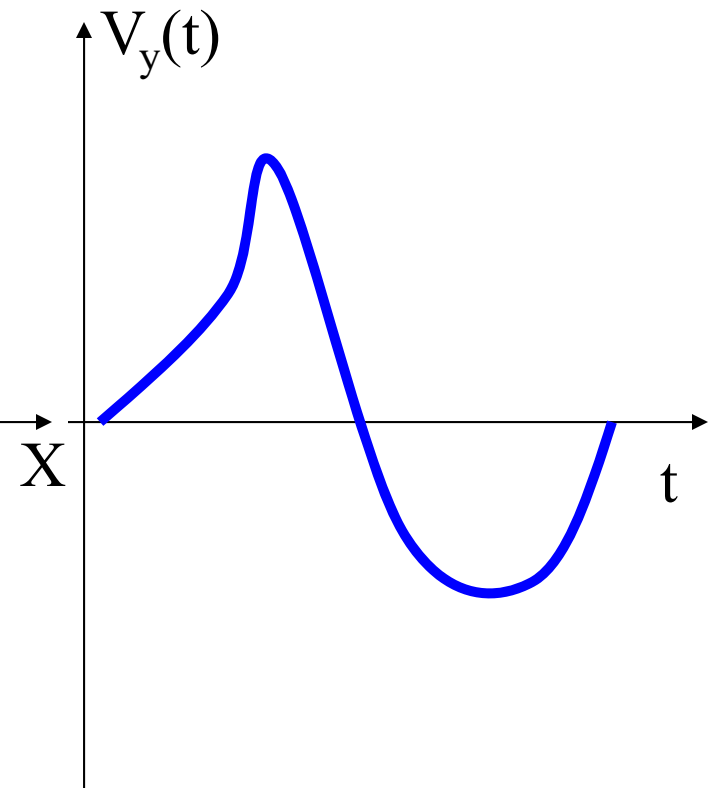
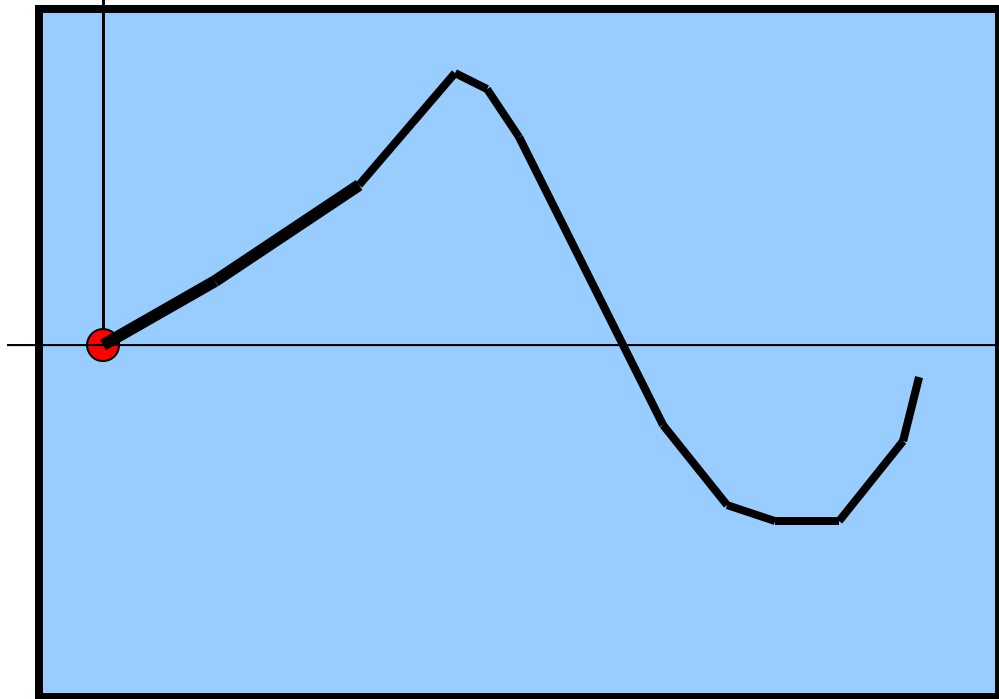


Se la $V(t)$ è periodica
e la $V_x(t)$ ha lo stesso
periodo, il fascetto
ripercorrerà esattamente
lo stesso percorso nel
periodo successivo.



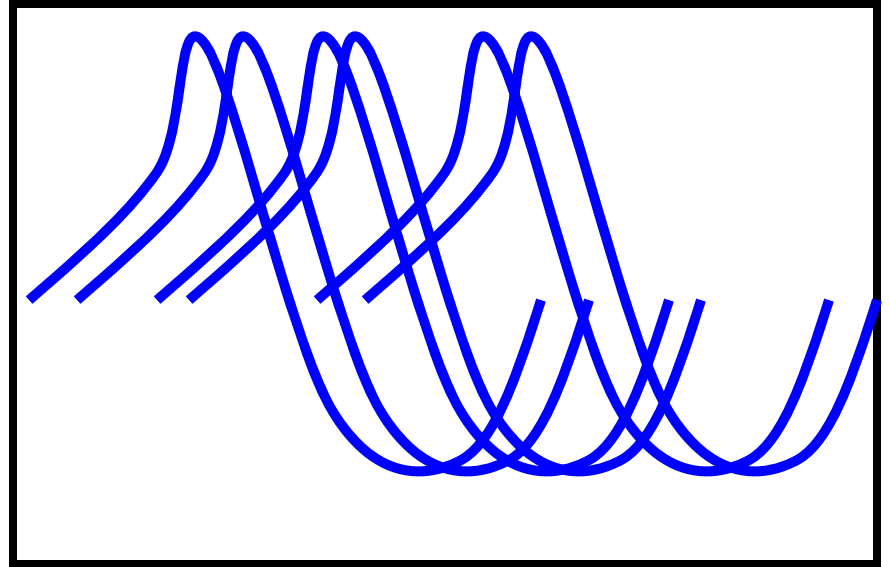


Questo viene fatto
moltissime volte
al secondo, e a causa
della persistenza dell'
immagine sulla retina,
si vede un disegno stabile

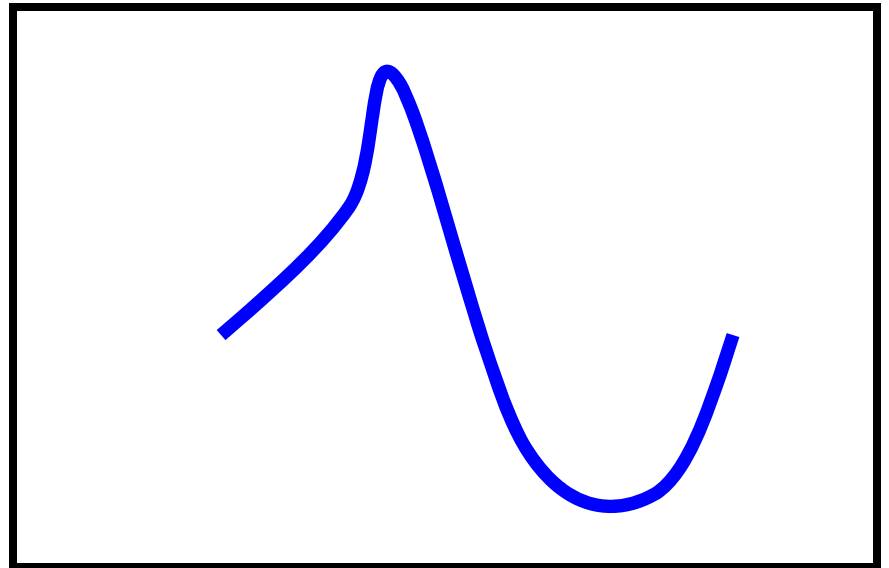


L' oscilloscopio analogico

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

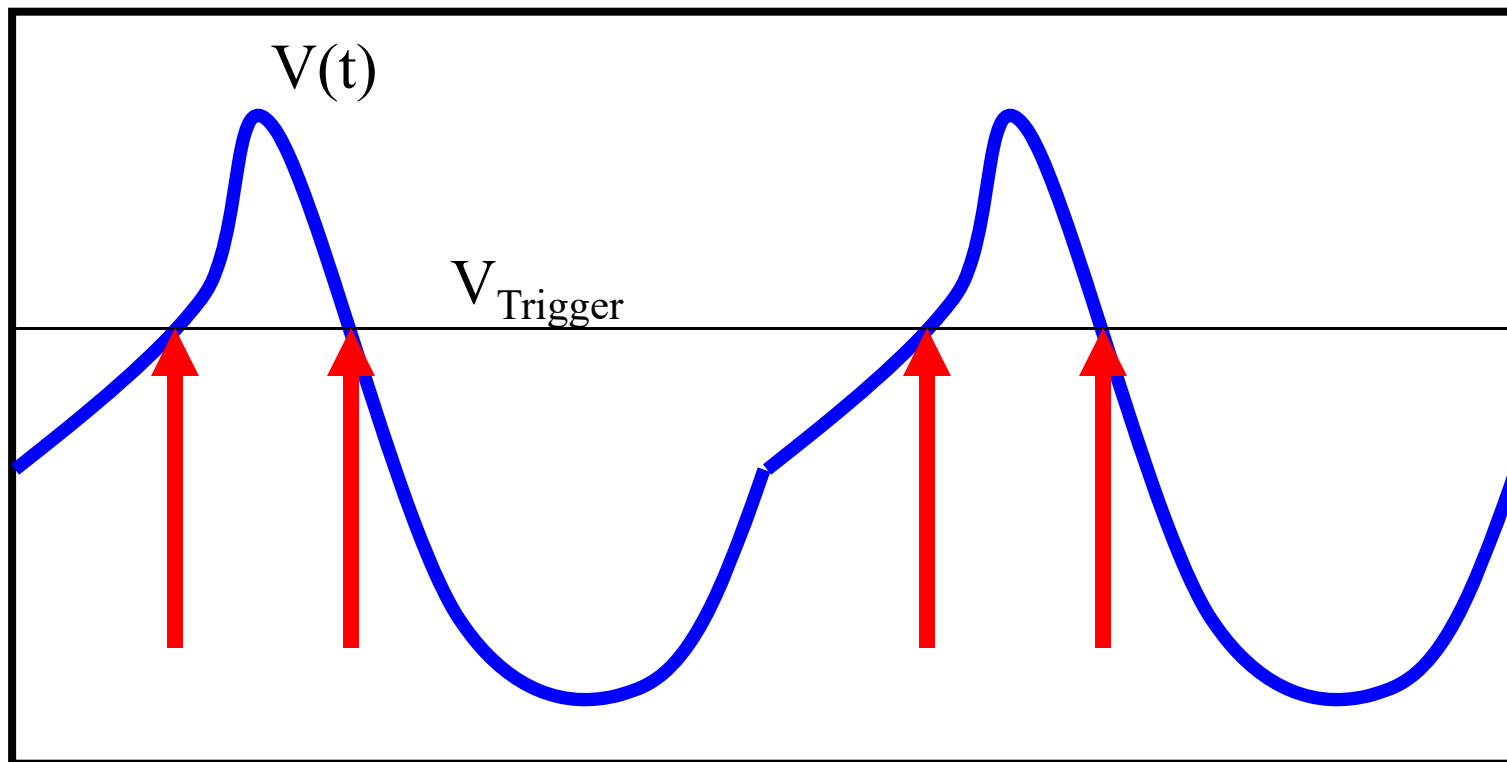


- Periodo sincronizzato:



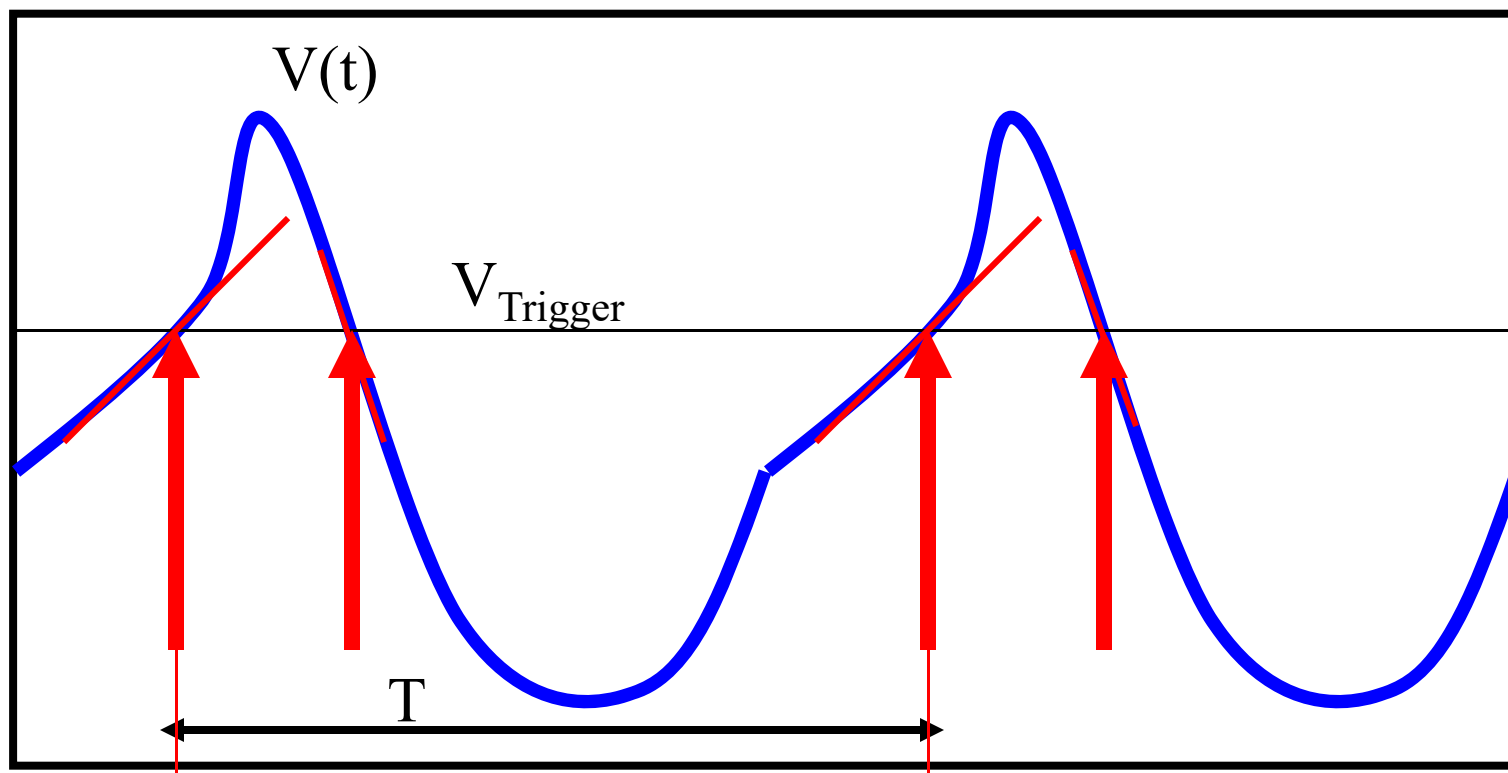
L' oscilloscopio analogico

- C'è un circuito all'interno dell'oscilloscopio detto “circuitto 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.



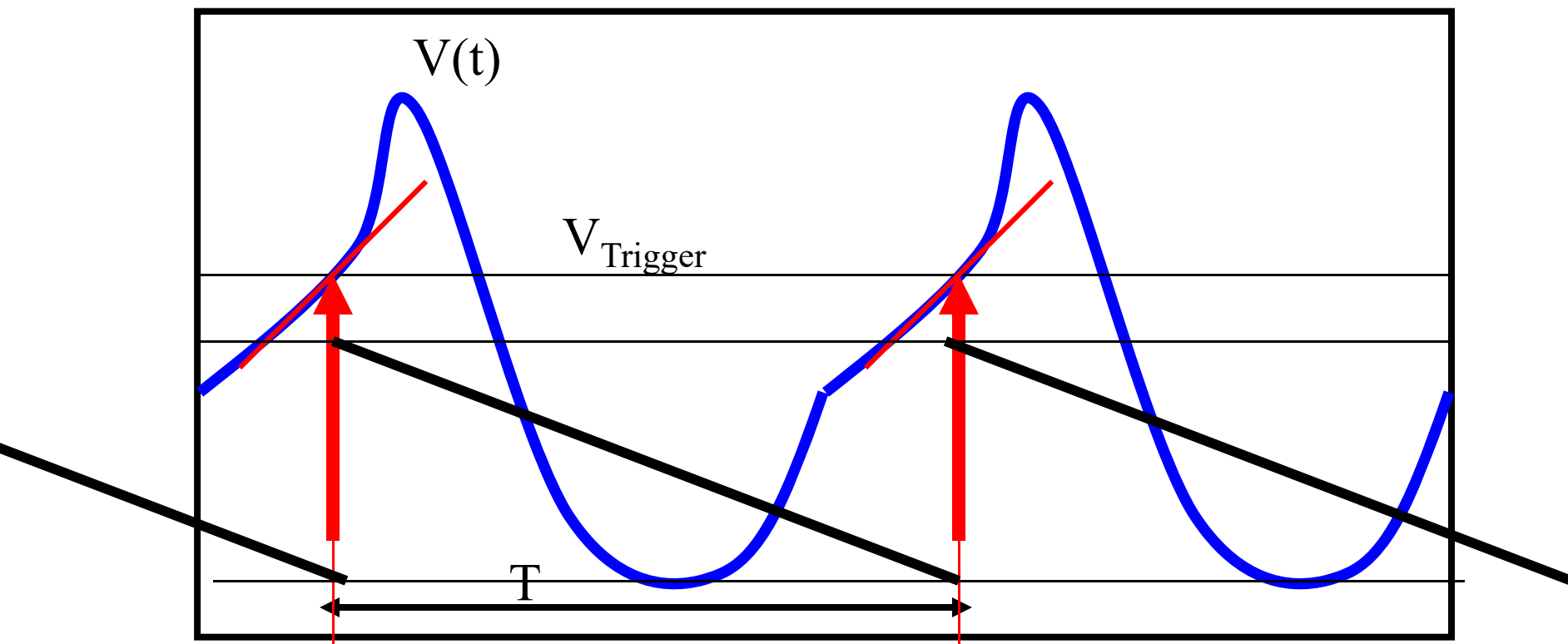
L' oscilloscopio analogico

- 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.



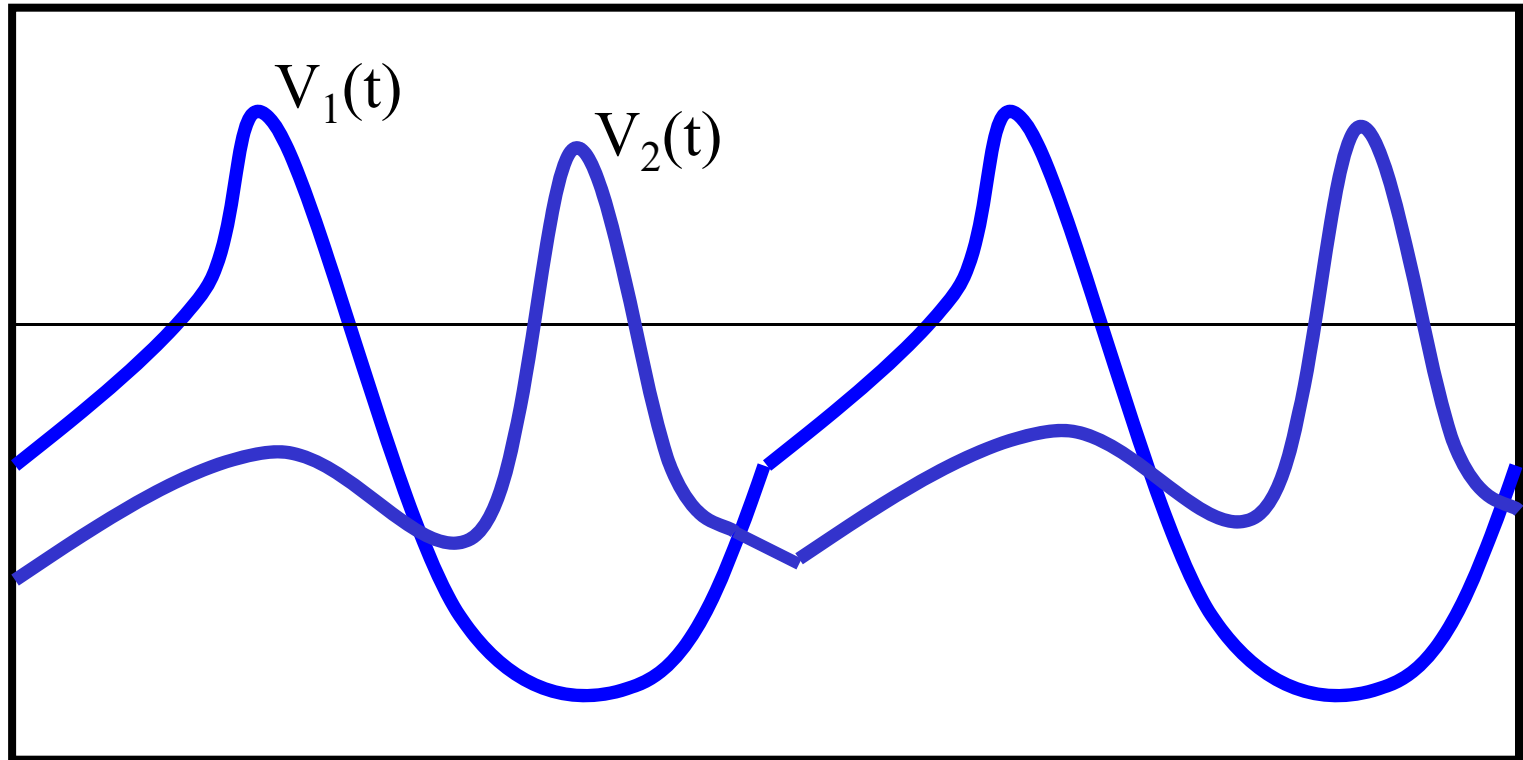
L' oscilloscopio analogico

- Il “circuitto 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



L' oscilloscopio analogico

- Il modo migliore per imparare ad usarlo è lavorarci ! L' oscilloscopio che avrete a disposizione è un National VP-5220A, o ISO-TECH ISR 622 oscilloscopio a due canali.
- Si possono visualizzare contemporaneamente due segnali indipendenti, chiamati canale 1 e canale 2:

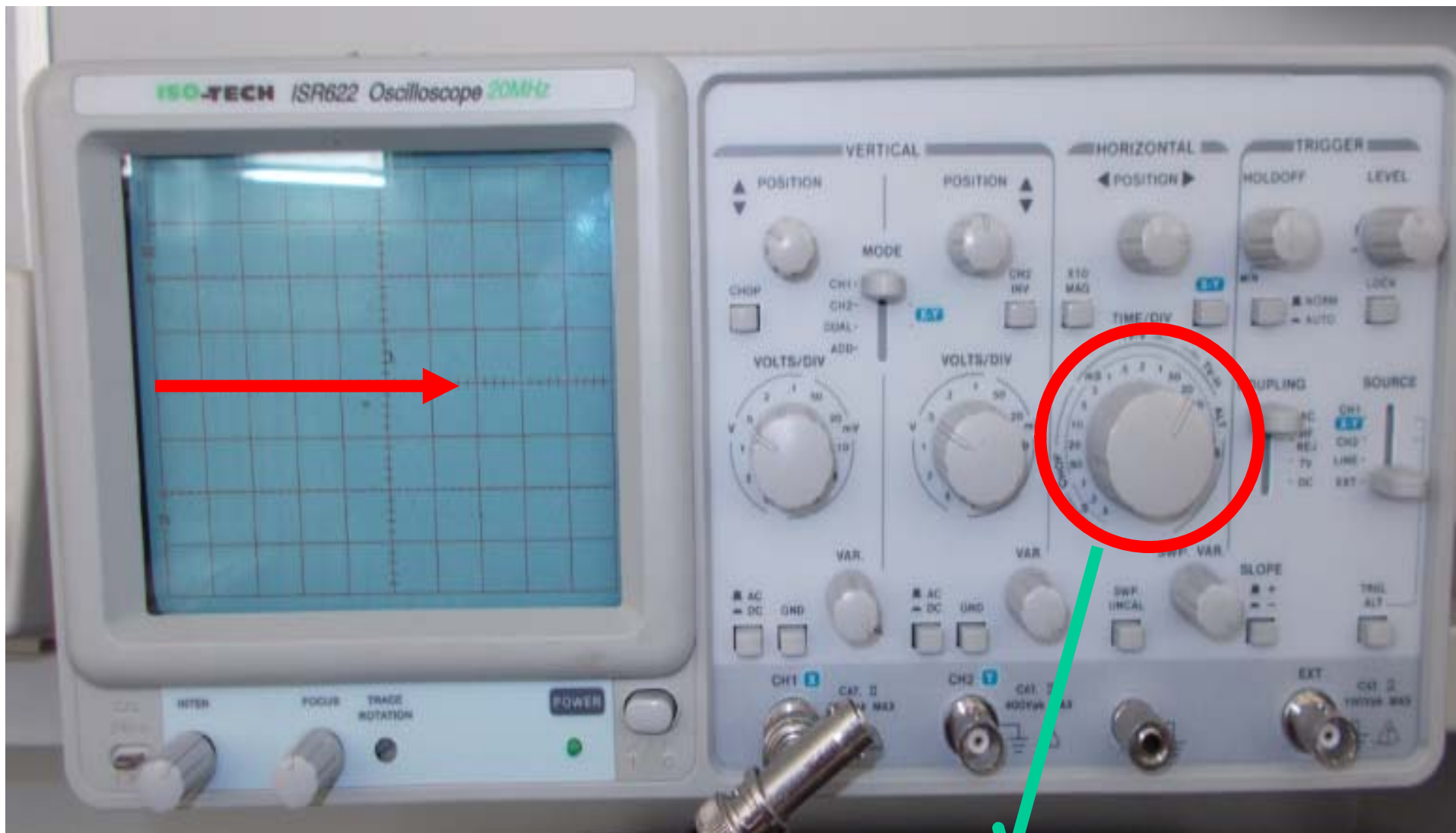


L' oscilloscopio analogico

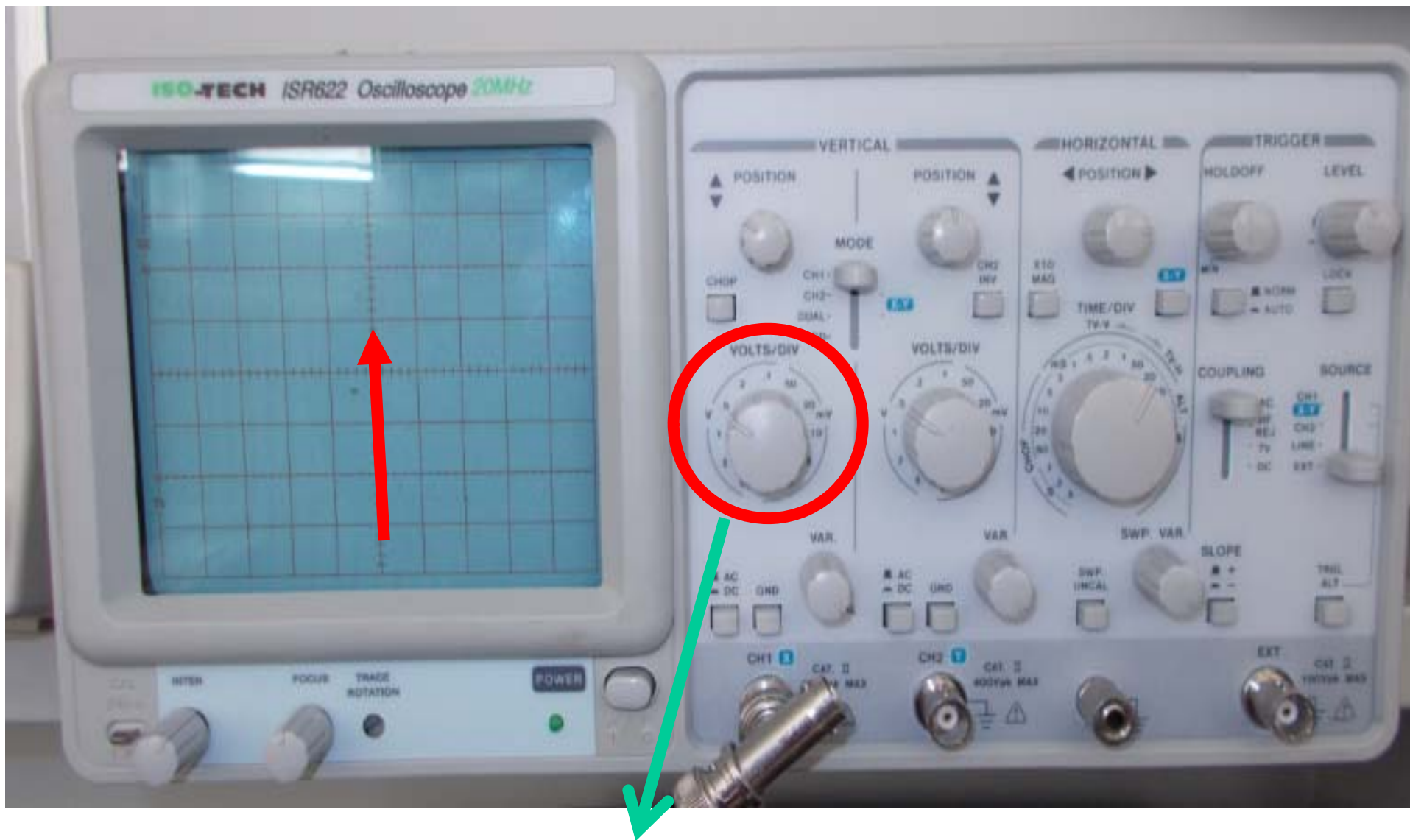
- Di solito la prima cosa da fare è verificare i comandi di “trigger”.
- INT-LINE-EXT
 - Su INT funziona il circuito di trigger che sincronizza automaticamente il dente di sega al segnale
 - Su LINE il dente di sega è sincrono con la tensione di rete a 50 Hz
 - Su EXT il dente di sega è sincrono con 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 è l' 1, si userà CH1, senno' CH2: nei due casi il trigger è il segnale applicato all' ingresso scelto. Su norm la sorgente è il segnale visualizzato sul tubo a raggi catodici.

L' oscilloscopio analogico

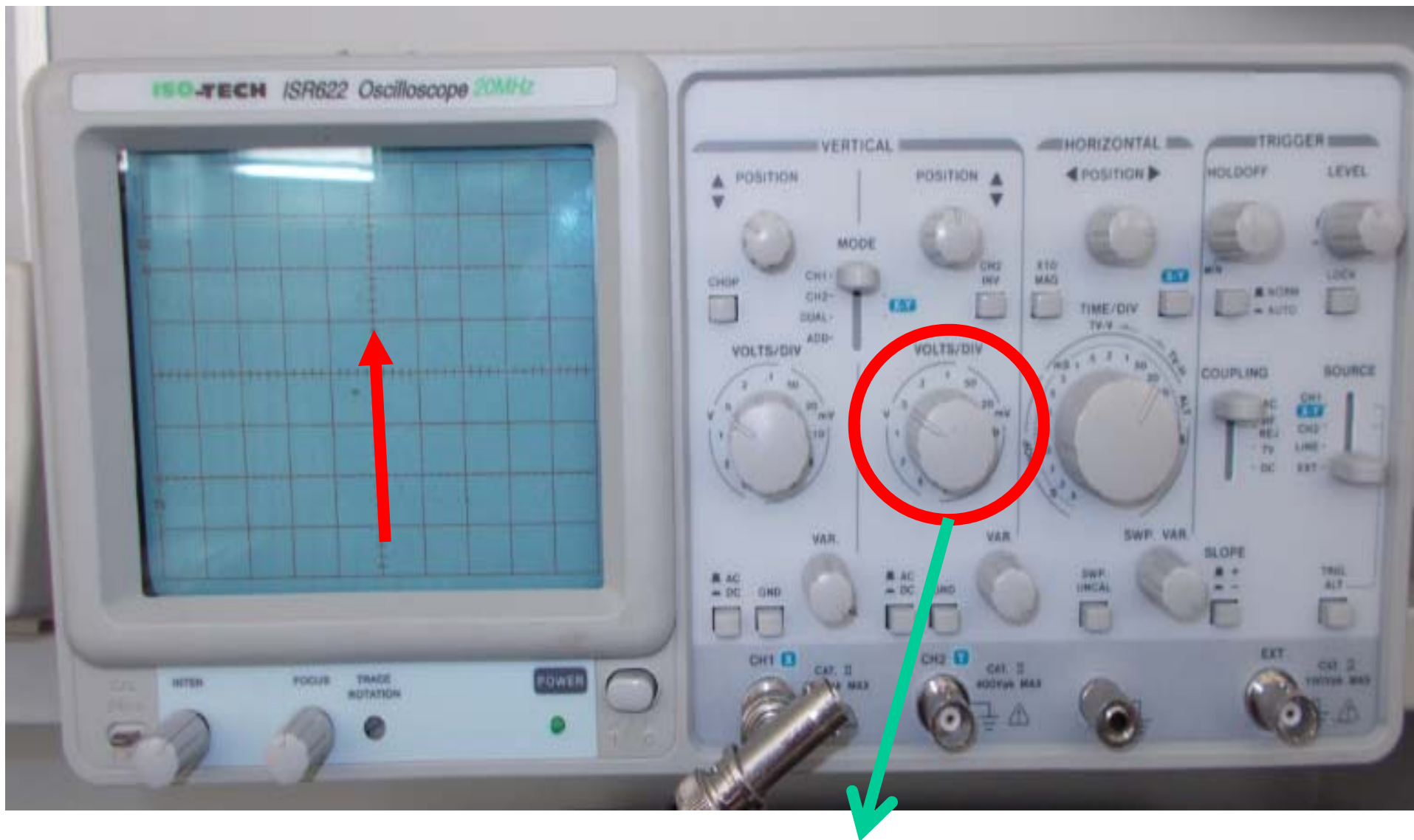
- LEVEL, FIX, SLOPE controlla il valore della tensione di riferimento del trigger e la pendenza di riferimento. Quando è completamente ruotato in senso orario, su FIX, è regolato in modo automatico. Si può tirare la manopola o spingerla per selezionare la pendenza; girandola si regola il livello.
- La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



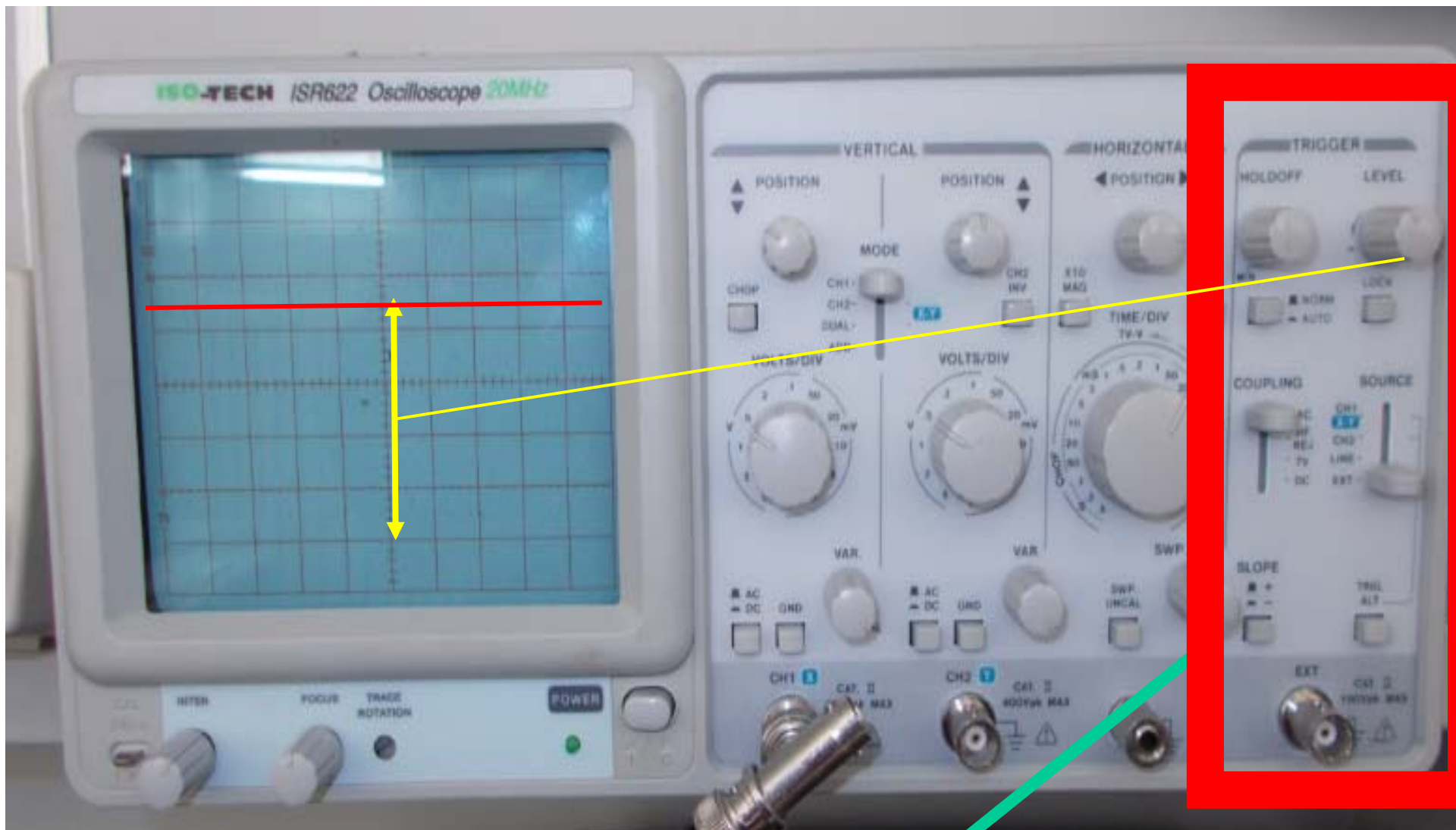
Velocità del dente di sega, da 0.5s a 0.2 μ s per quadretto



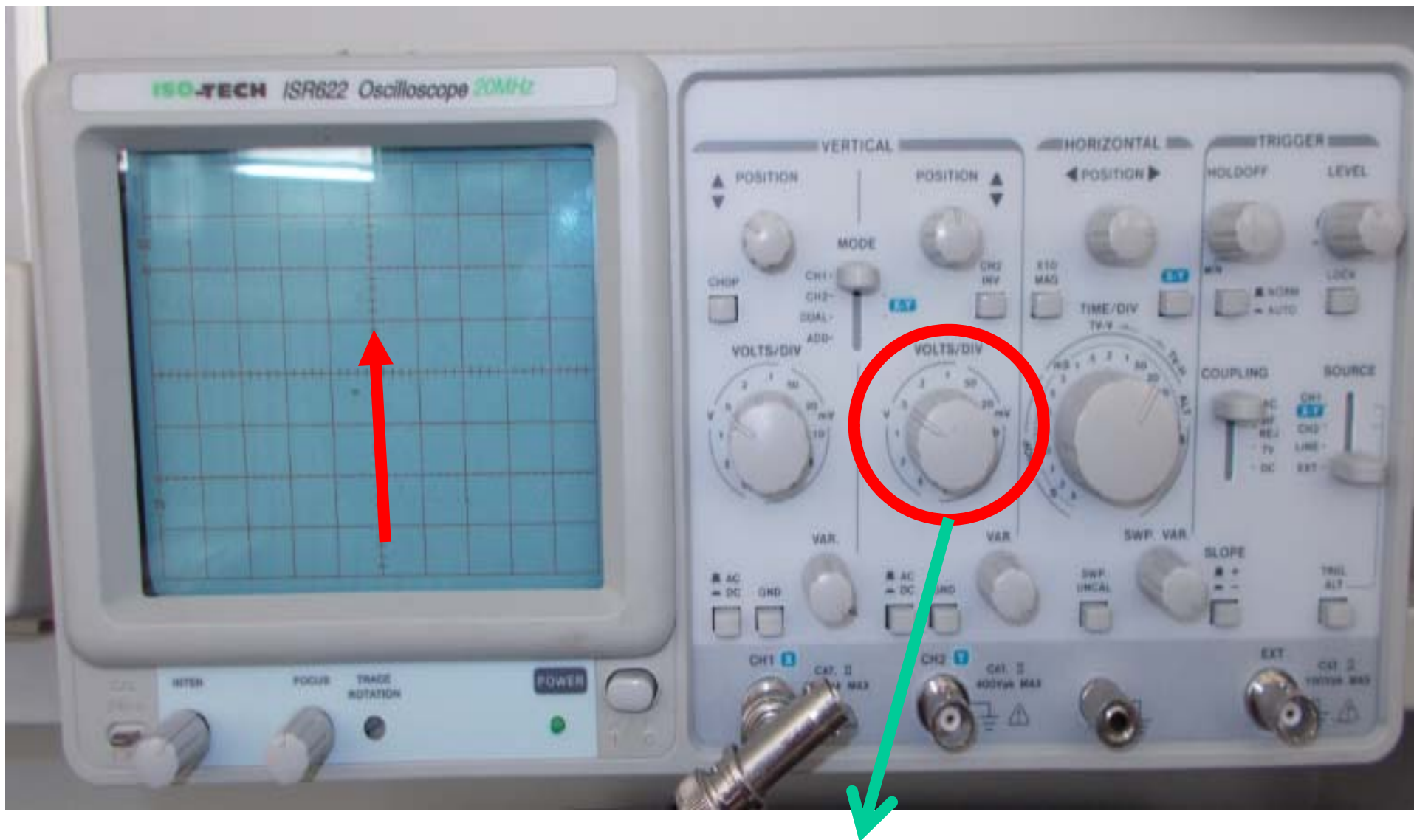
Fattore di deflessione
Verticale canale 1 (da 2V a 1 mV per divisione)



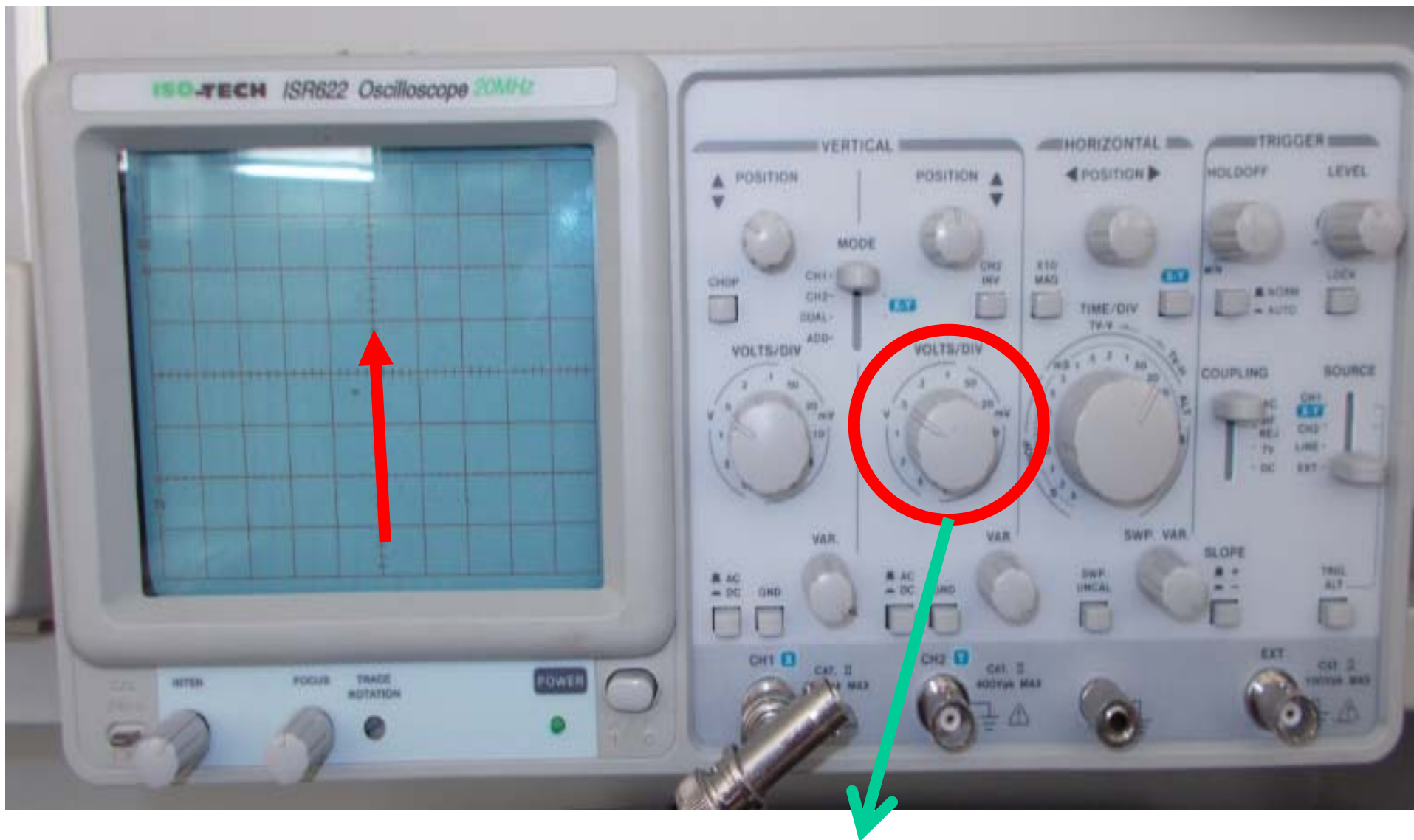
Fattore di deflessione
Verticale canale 2 (da 2V a 1 mV per divisione)



Circuito di TRIGGER



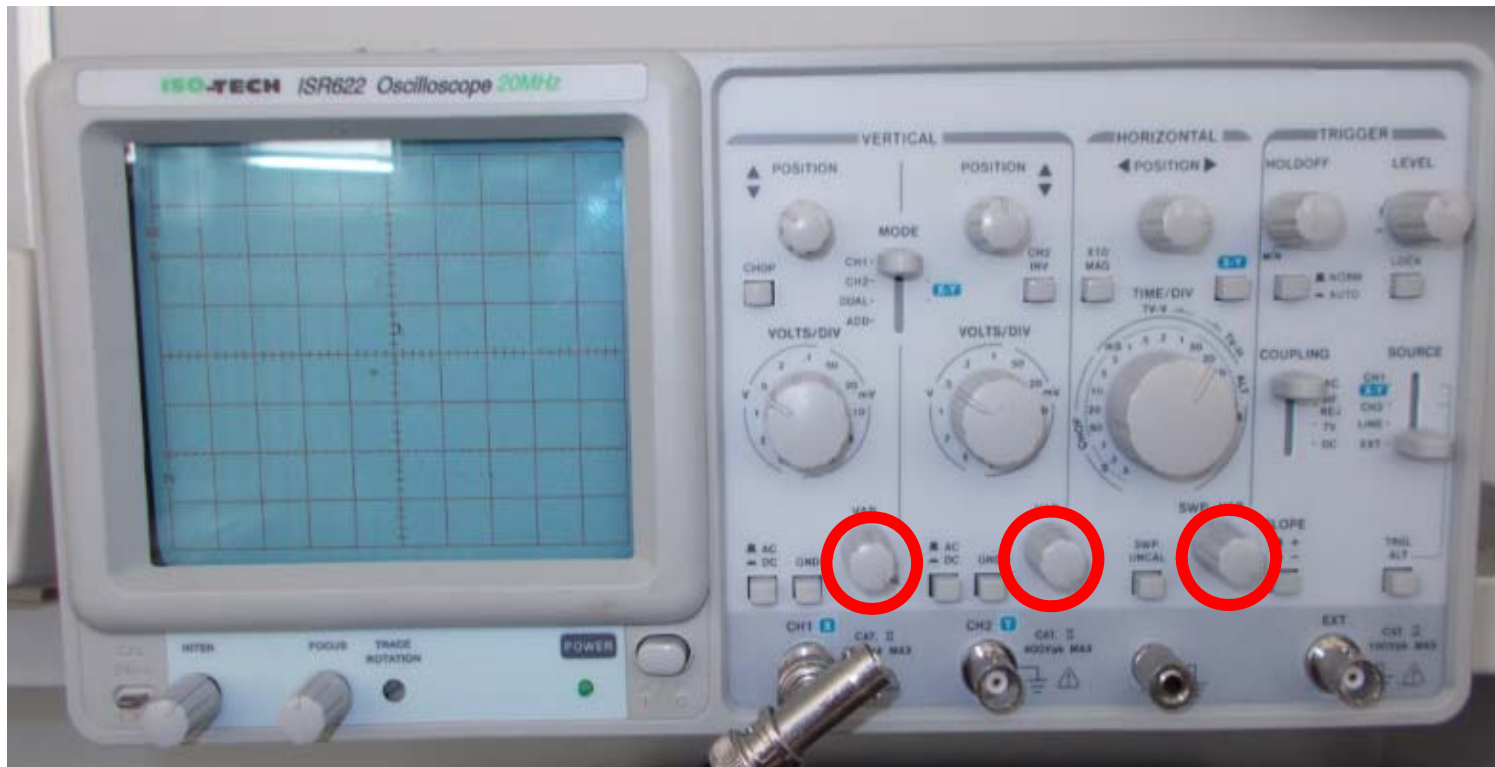
Fattore di deflessione
Verticale canale 2 (da 2V a 1 mV per divisione)



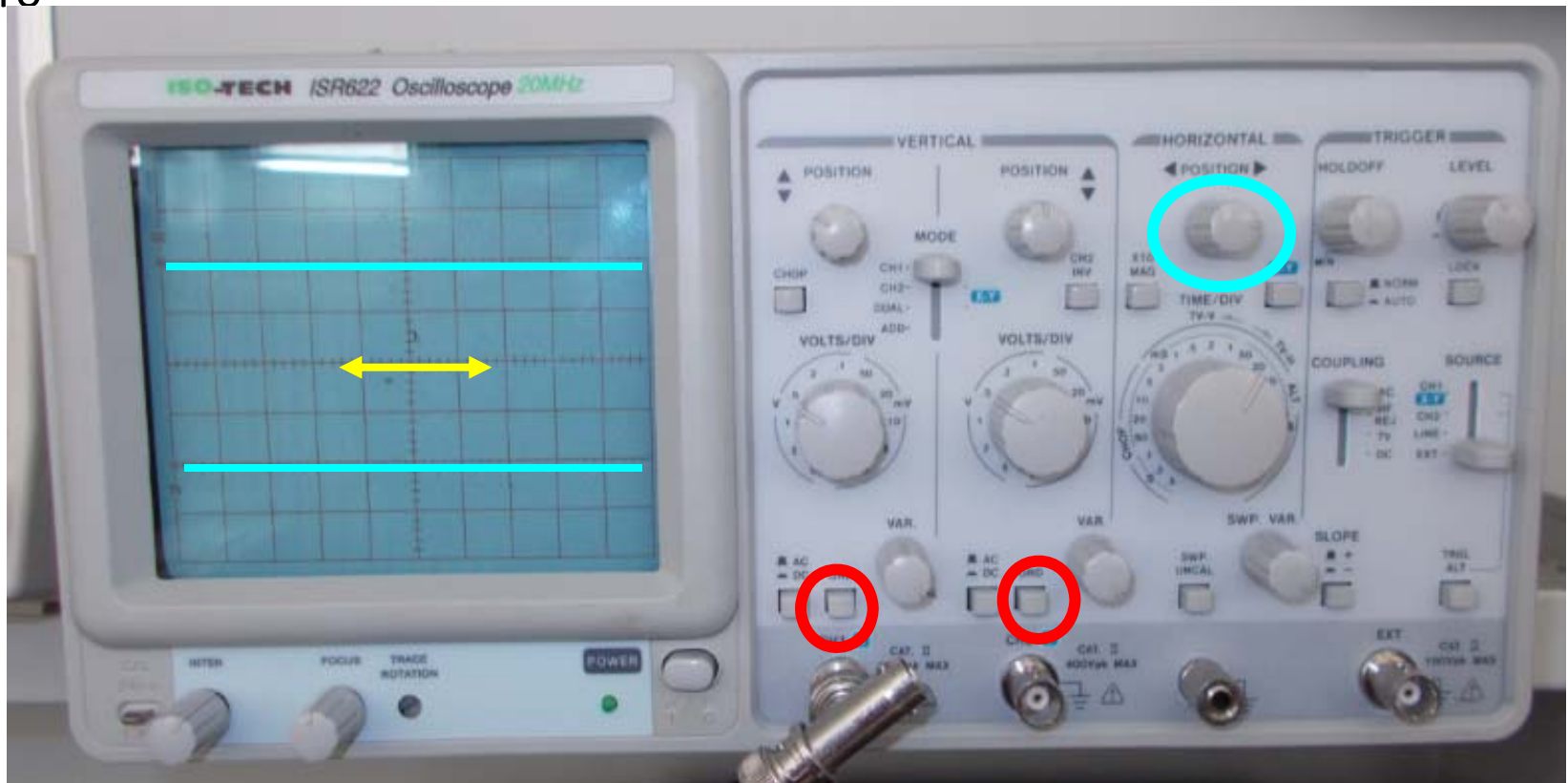
Fattore di deflessione
Verticale canale 2 (da 2V a 1 mV per divisione)

Uso dell' Oscilloscopio

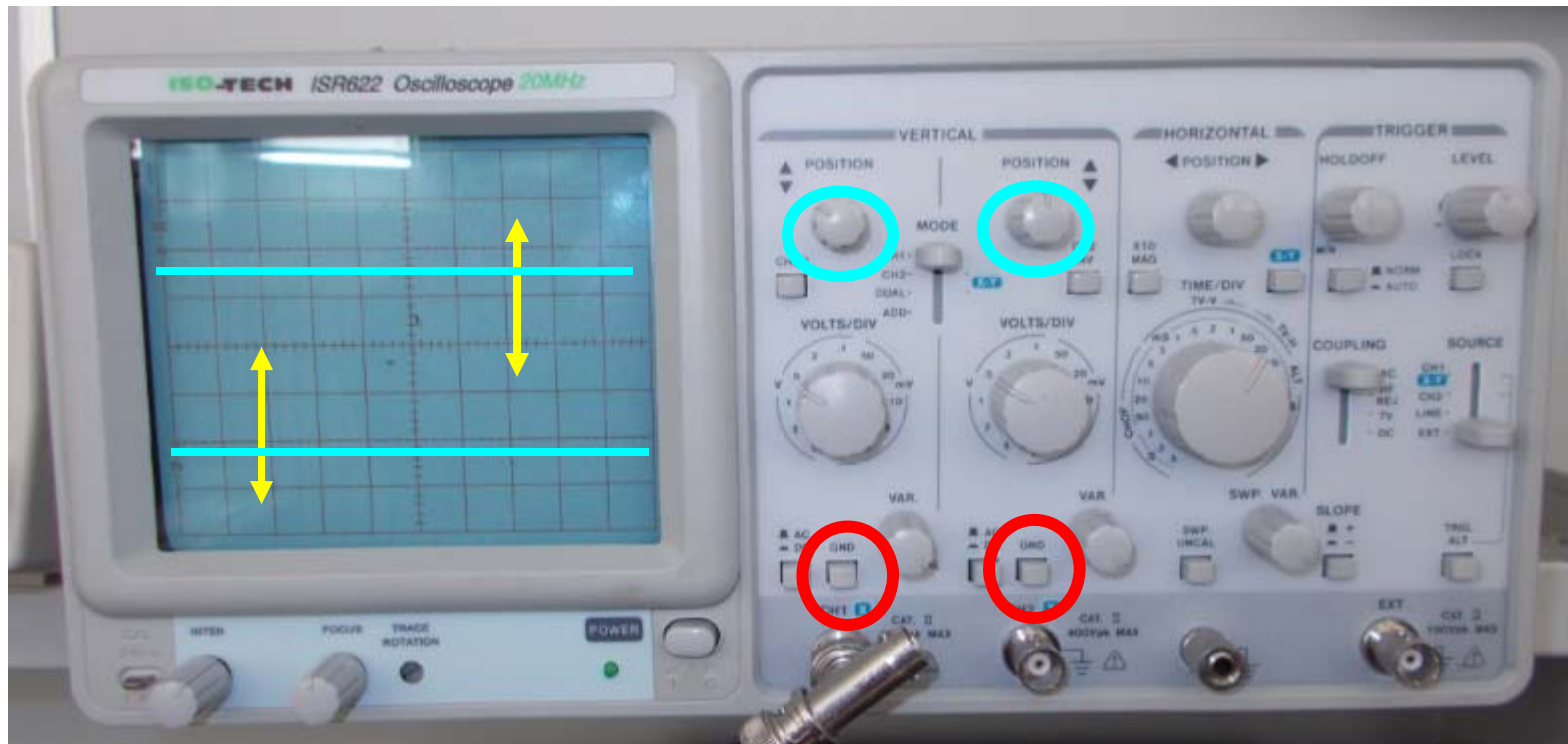
- La prima cosa da fare è mettere su “cal” i potenziometri di taratura dei fattori di deflessione e della base dei tempi (cerchiati di verde nella figura). Vanno ruotati completamente in senso orario.



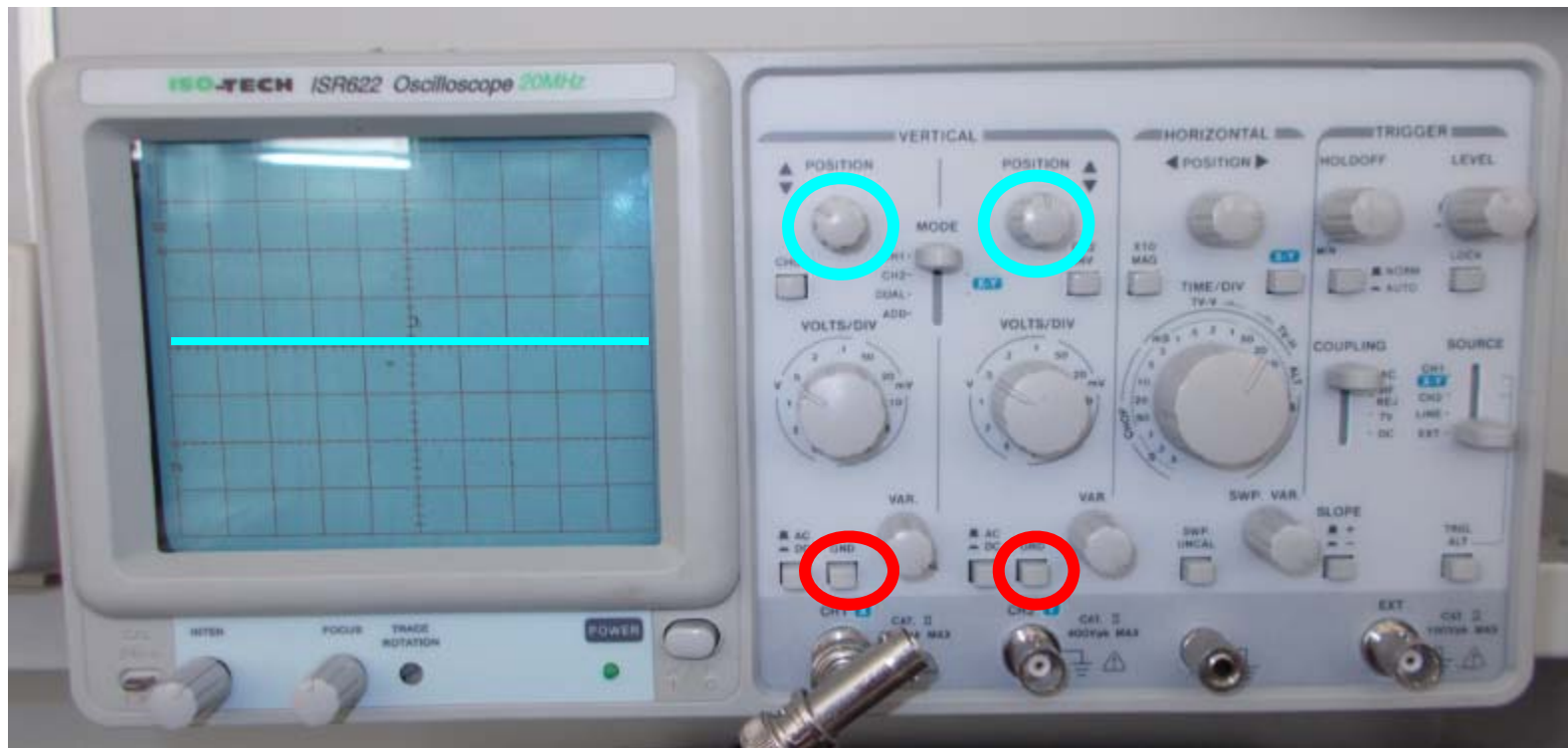
Uso dell' oscilloscopio: la seconda cosa da fare è regolare lo zero delle tracce: Si mette il trigger su AUTO
Si mettono a zero i segnali in ingresso a CH1 e CH2, commutando su GND i commutatori identificati in rosso
Si regola la posizione orizzontale delle tracce con il potenziometro identificato in azzurro



Uso dell' oscilloscopio

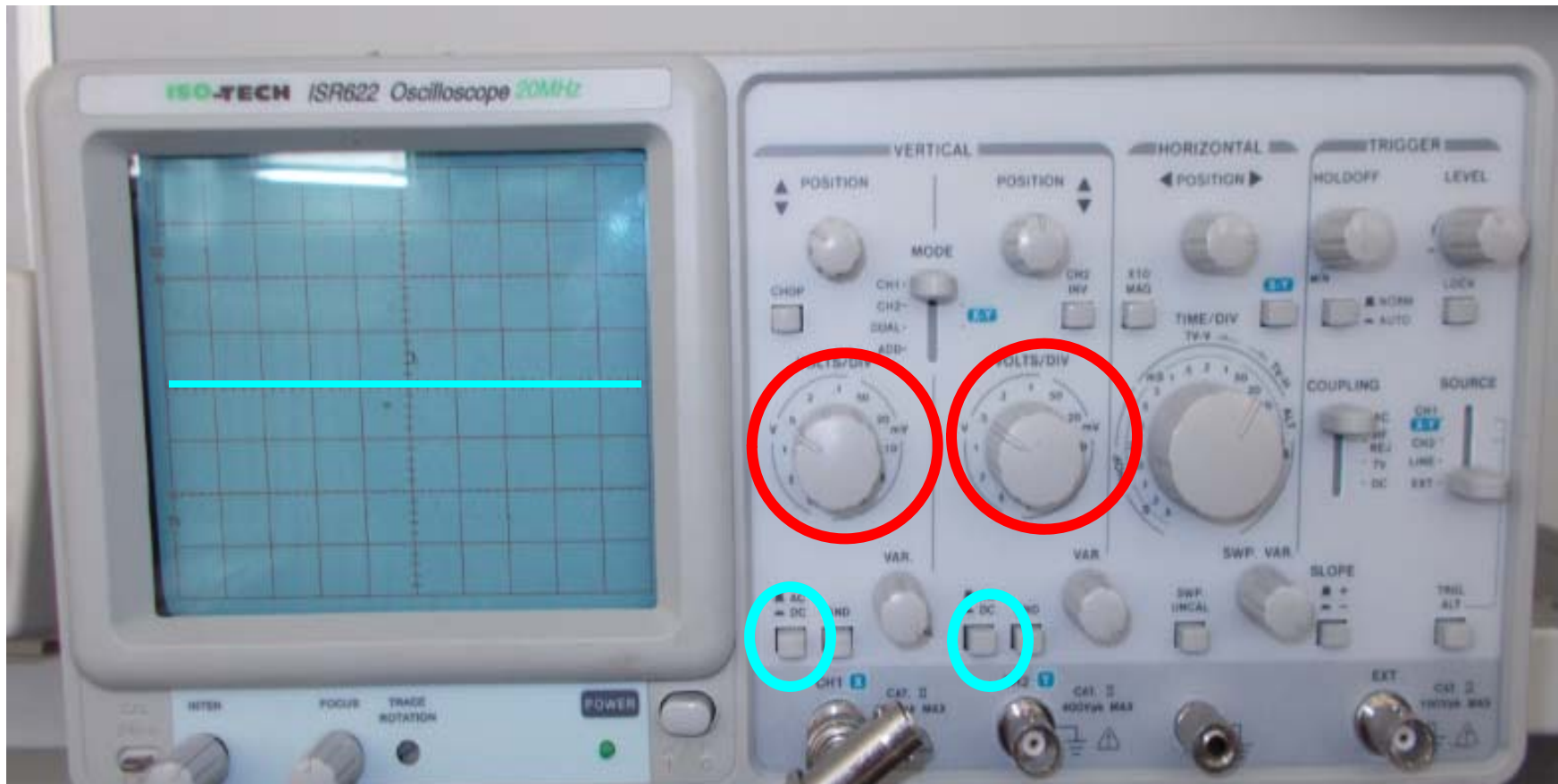


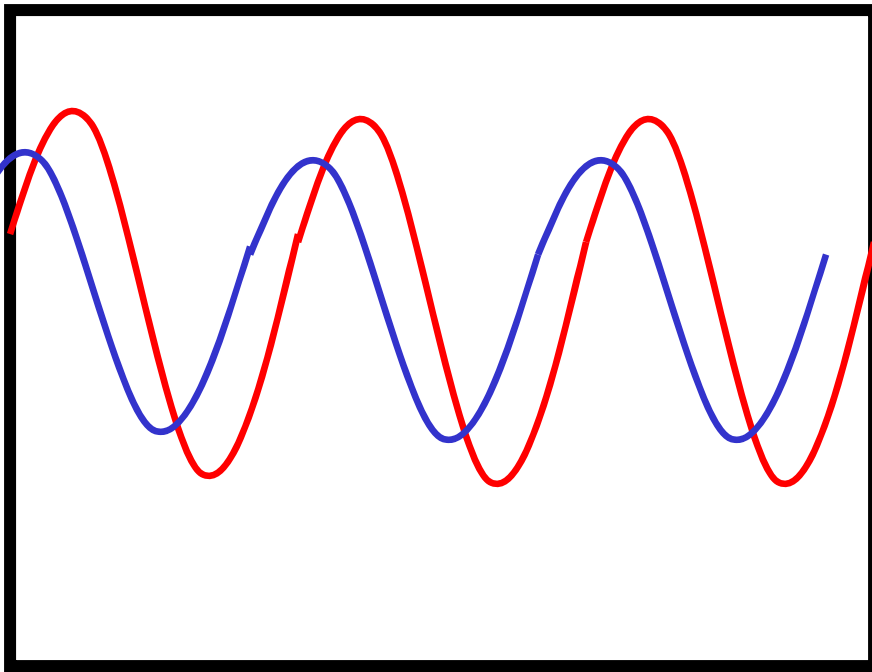
Traccia regolata sullo zero per entrambi i canali



Uso dell' Oscilloscopio

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



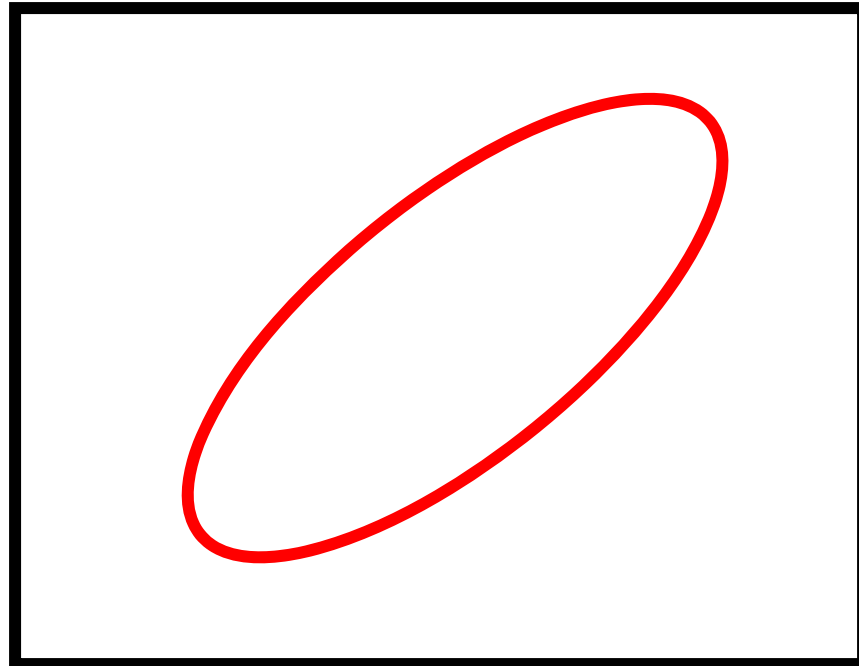


Due metodi possibili:

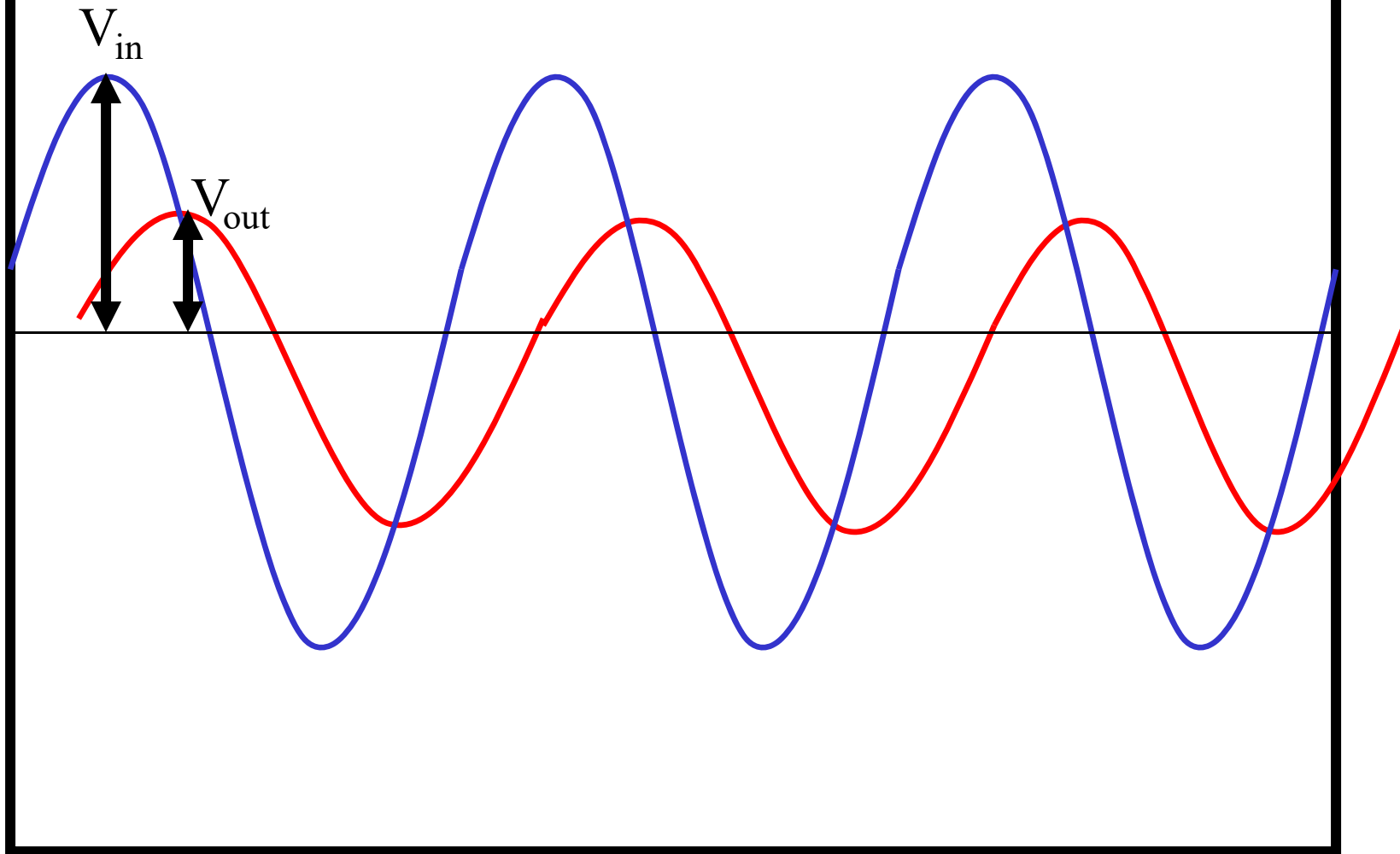
Su auto/norm si grafica $V(\text{CH1})$ e $V(\text{CH2})$ in funzione di t



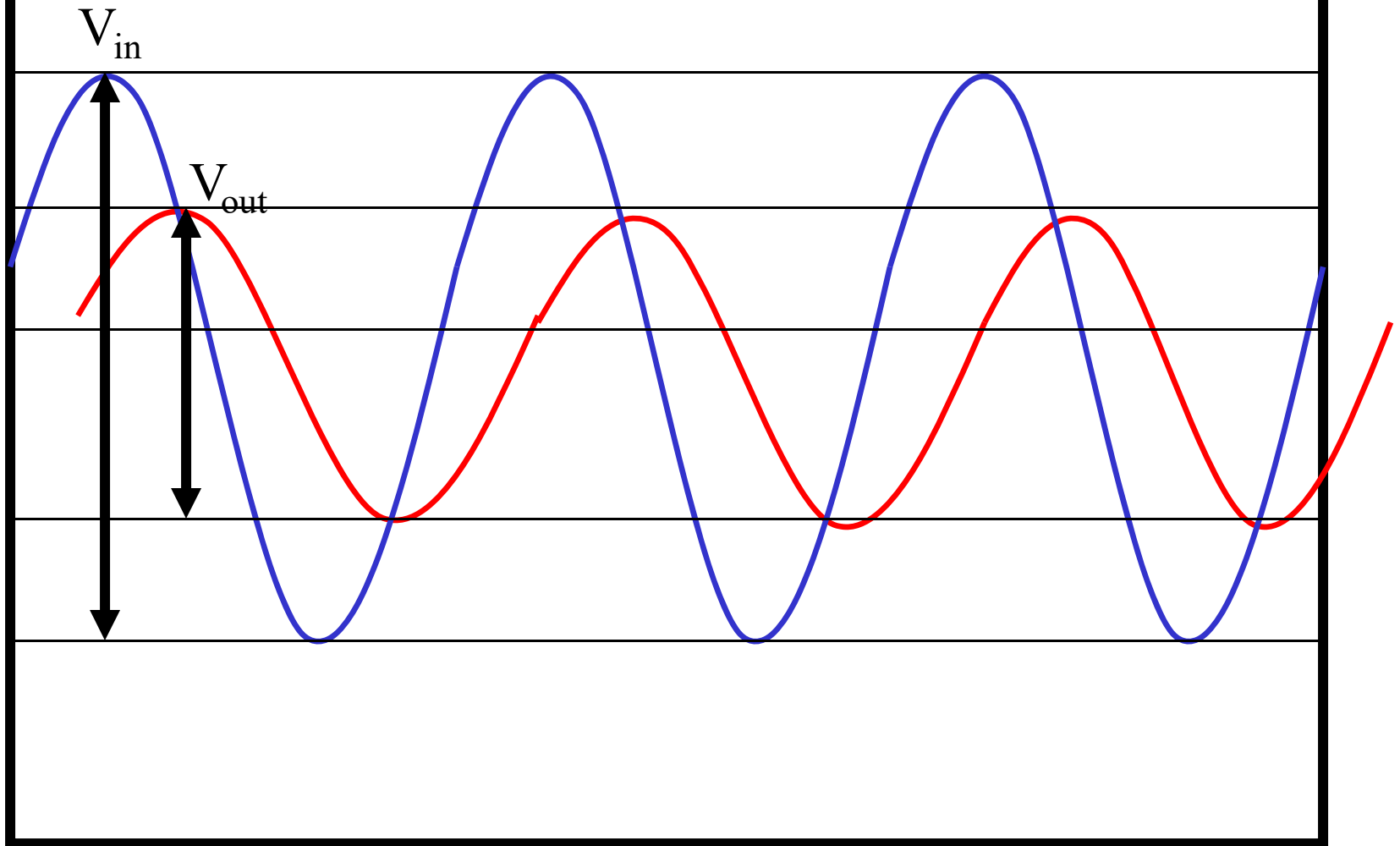
Su X-Y si grafica $V(\text{CH1})$ in funzione di $V(\text{CH2})$ e quindi si vede una ellisse:



$$A(f) = V_{\text{out}} / V_{\text{in}}$$

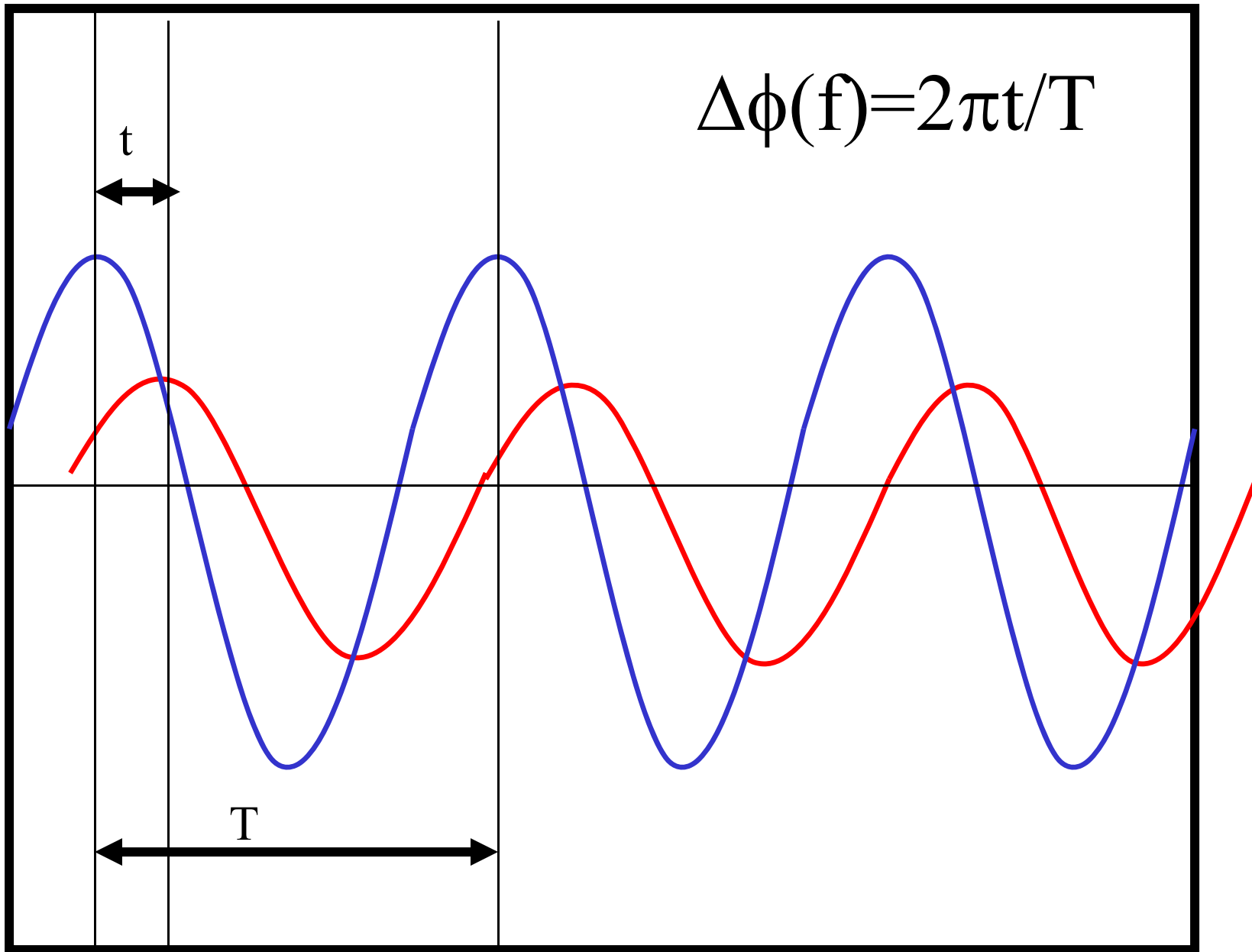


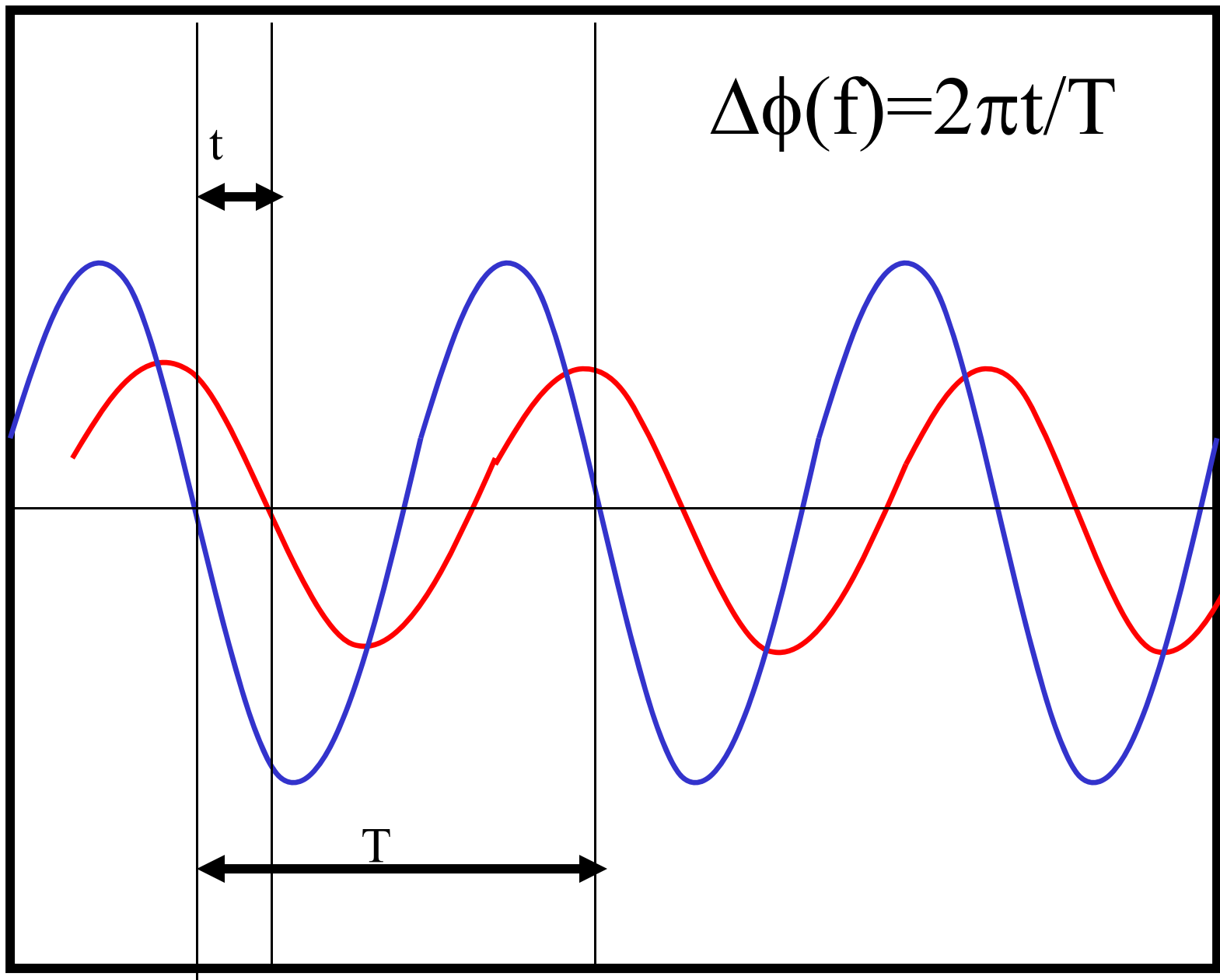
$$A(f) = V_{\text{out}} / V_{\text{in}}$$



Metodo più furbo

$$\Delta\phi(f)=2\pi t/T$$





Metodo più furbo

Metodo dell' ellisse

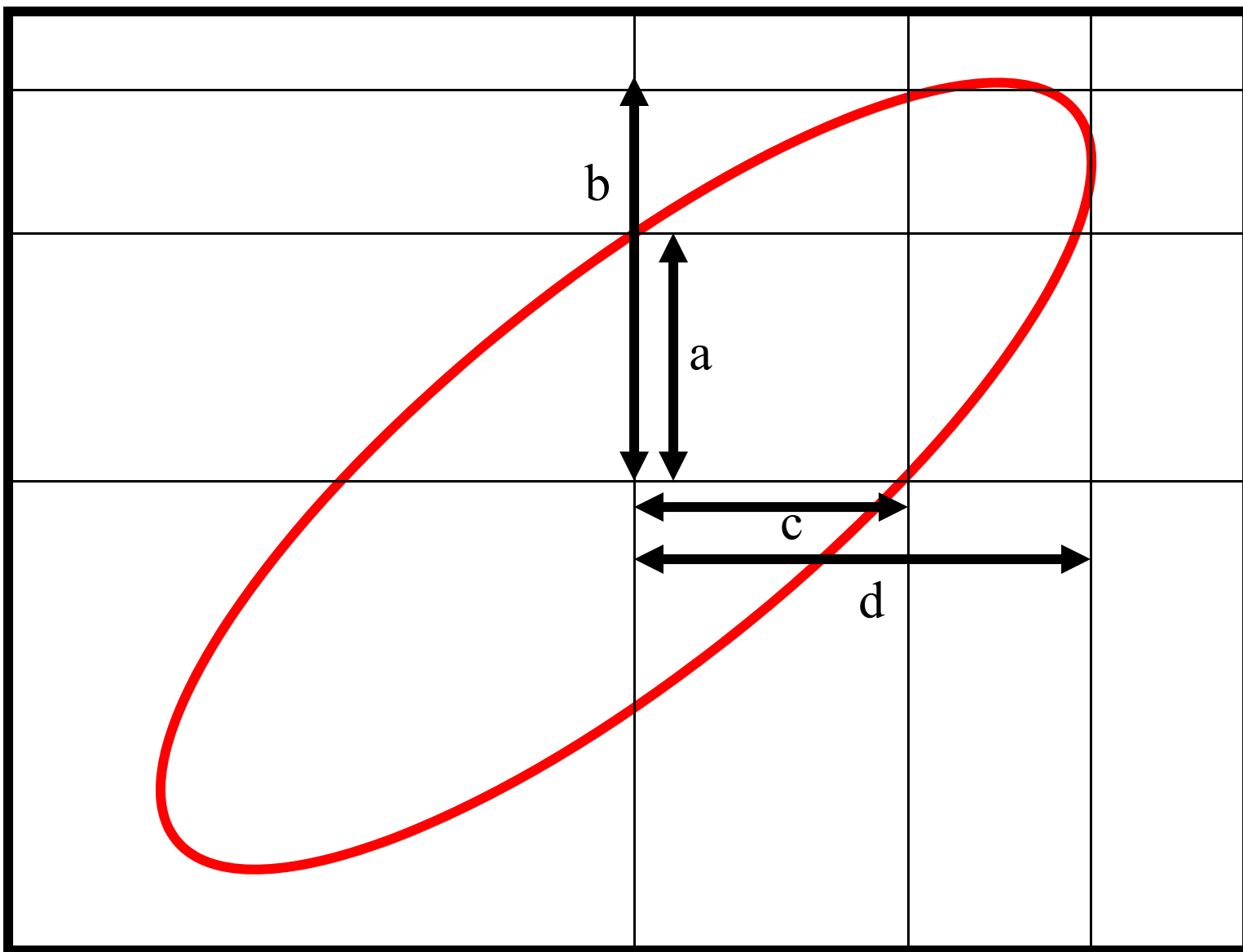
- Si applicano i segnali ai due assi ortogonali.

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

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

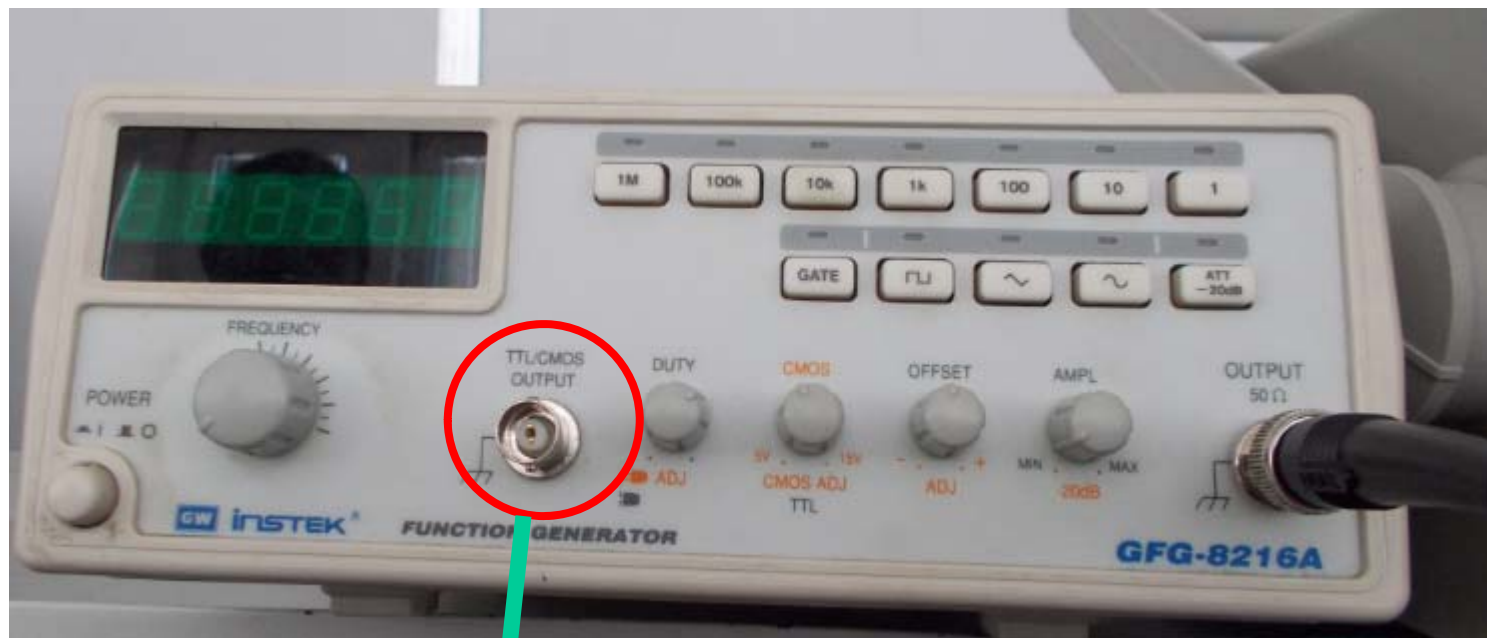
- Eliminando t viene una eq. $Y(X)$ di una ellisse.

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





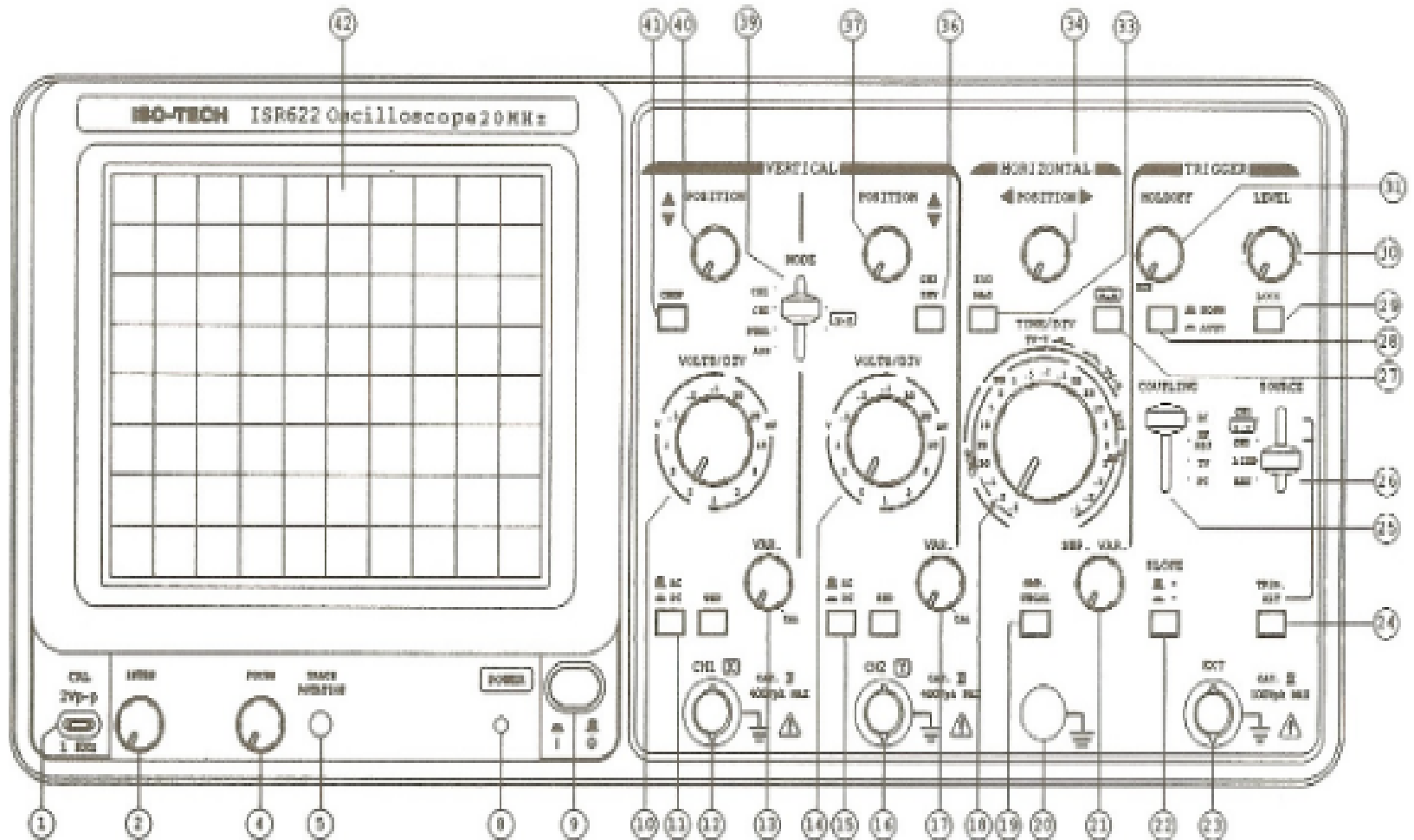
Oscilloscopio analogico collegato con uscita a 50 Ohm del
Generatore di funzioni



Uscita TTL del Generatore di funzioni

Dal manuale dell'oscilloscopio analogico ISO-TECH ISR 622

USO OSCILLOSCOPIO ANALOGICO ISO-TECH ISR 622



Dal manuale dell'oscilloscopio iso-tech-622

4.3 Operazioni di base

Prima di collegare il cavo di alimentazione alla presa CA, assicurarsi che l'interruttore di entrata della tensione di linea CA sul pannello posteriore sia impostato correttamente. Una volta effettuato il controllo, impostare gli interruttori e i controlli dell'apparecchiatura come indicato di seguito:

Elemento	N.	Impostazione	Elemento	N.	Impostazione
POWER	(9)	Disimpegnato (OFF)	SLOPE	(22)	+
INTEN	(2)	Ruotato in senso orario (ore 3)	TRIG ALT	(24)	Rilasciato
FOCUS	(4)	Posizione intermedia	LEVEL LOCK	(29)	Premuto
ILLUM	(6)	Completamente ruotato in senso antiorario (tranne ISR 622 e 635)	HOLD OFF	(31)	MIN (in senso antiorario)
VERT MODE	(39)	CH 1	TRIGGER MODE	(28)	AUTO
CHOP	(41)	Rilasciato	HORIZ DISPLAY	(38)	A (solo ISR 658)
CH 2 INV	(36)	Rilasciato	EXT HOR		
POSITION	(40)(37)	Posizione intermedia	TIME/DIV	(18)	0,5mSec/DIV
VOLTS/DIV	(10)(14)	0,5V/DIV	SWP.UNCAL	(19)	Rilasciato
VARIABLE	(13)(17)	CAL (in senso orario)	POSITION	(34)	Posizione intermedia
AC-DC-GND	(11)(15)	MASSA	x 10 MAG	(33)	Rilasciato
SOURCE	(26)	Impostato su CH 1	X-Y	(27)	Rilasciato
COUPLING	(25)	AC			

Dopo avere impostato gli interruttori e i controlli, collegare il cavo di alimentazione alla presa CA, quindi continuare come segue:

- 1) Innestare l'interruttore POWER e assicurarsi che il LED di alimentazione sia illuminato. Dopo circa 20 secondi, una traccia apparirà sullo schermo CRT. Se dopo circa 60 secondi non è apparsa alcuna traccia, controllare nuovamente le impostazioni degli interruttori e dei controlli.
- 2) Regolare la traccia utilizzando i comandi INTEN e FOCUS per impostare la luminosità e l'immagine.
- 3) Allineare la traccia alla linea centrale orizzontale del reticolo utilizzando i comandi CH 1 POSITION e TRACE ROTATION (regolabili mediante un cacciavite).
- 4) Collegare la sonda al terminale CH 1 INPUT e applicare il segnale 2Vp-p CALIBRATOR all'estremità della sonda.

Dal manuale dell' iso-tech isr 622

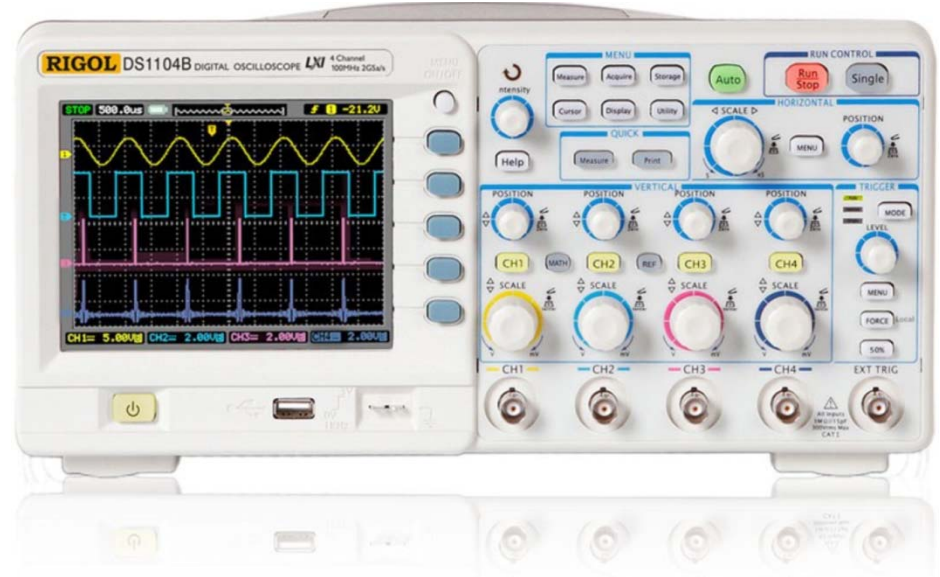
Regolazioni iniziali:

Elemento	N.	Impostazione	Elemento	N.	Impostazione
POWER	(9)	Disimpegnato (OFF)	SLOPE	(22)	+
INTEN	(2)	Ruotato in senso orario (ore 3)	TRIG ALT	(24)	Rilasciato
FOCUS	(4)	Posizione intermedia	LEVEL LOCK	(29)	Premuto
ILLUM	(6)	Completamente ruotato in senso antiorario (tranne ISR 622 e 635)	HOLD OFF	(31)	MIN (in senso antiorario)
VERT MODE	(39)	CH 1	TRIGGER MODE	(28)	AUTO
CHOP	(41)	Rilasciato	HORIZ DISPLAY	(38)	A (solo ISR 658)
CH 2 INV	(36)	Rilasciato	EXT HOR		
POSITION	(40)(37)	Posizione intermedia	TIME/DIV	(18)	0,5mSec/DIV
VOLTS/DIV	(10)(14)	0,5V/DIV	SWP.UNCAL	(19)	Rilasciato
VARIABLE	(13)(17)	CAL (in senso orario)	POSITION	(34)	Posizione intermedia
AC-DC-GND	(11)(15)	MASSA	x10 MAG	(33)	Rilasciato
SOURCE	(26)	Impostato su CH 1	X-Y	(27)	Rilasciato
COUPLING	(25)	AC			

- 1) POWER (9): accendere;
- 2) INTENS e FOCUS (2)(4): Regolare la visualizzazione della traccia;
- 3) POSITION (40)(37): Allineare la traccia alla linea centrale orizzontale;
- 4) Collegare il segnale al terminale CH1 INPUT;
- 5) AC-DC-GND (11) (15): impostare su DC;
- 6) VOLTS/DIV (10) (14) e TIME/DIV (18): impostare l'amplificazione delle scale orizz. e vert. nella posizione appropriata per la migliore visualizzazione del segnale;
- 7) POSITION (40) (37) (34): regolare i comandi in modo che la forma d'onda sia allineata al reticolo e sia possibile effettuare una misura;
- 8) MODE (39): impostato su CH2 per visualizzare un segnale sul terminale CH2 INPUT;
SOURCE (26): impostato su CH2 per trigger sincronizzato sul segnale sul terminale CH2 INPUT;
- 9) MODE (39): impostato su DUAL per visualizzare contemporaneamente i segnali sui terminali CH1 e CH2;
SOURCE(26) su CH1 oppure CH2 (il trigger può essere sincronizzato solo su uno dei due, a scelta).

Oscilloscopi Digitali

- Sono sempre più diffusi.
- Invece di deflettere il fascetto elettronico, la tensione in ingresso viene campionata da un convertitore analogico-digitale e visualizzata sullo schermo di un piccolo computer.
- Sono molto comodi, con automatismi di configurazione e di misura, ma hanno qualche limitazione dovuta al campionamento e alla quantizzazione (vedi laboratorio anno prossimo).



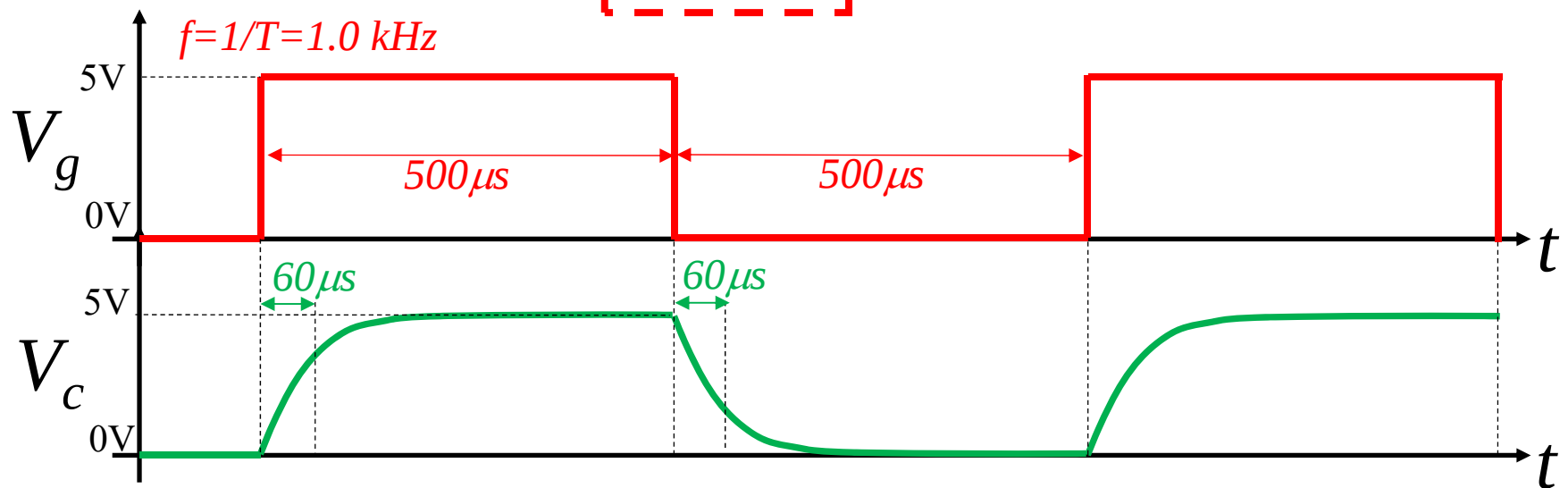
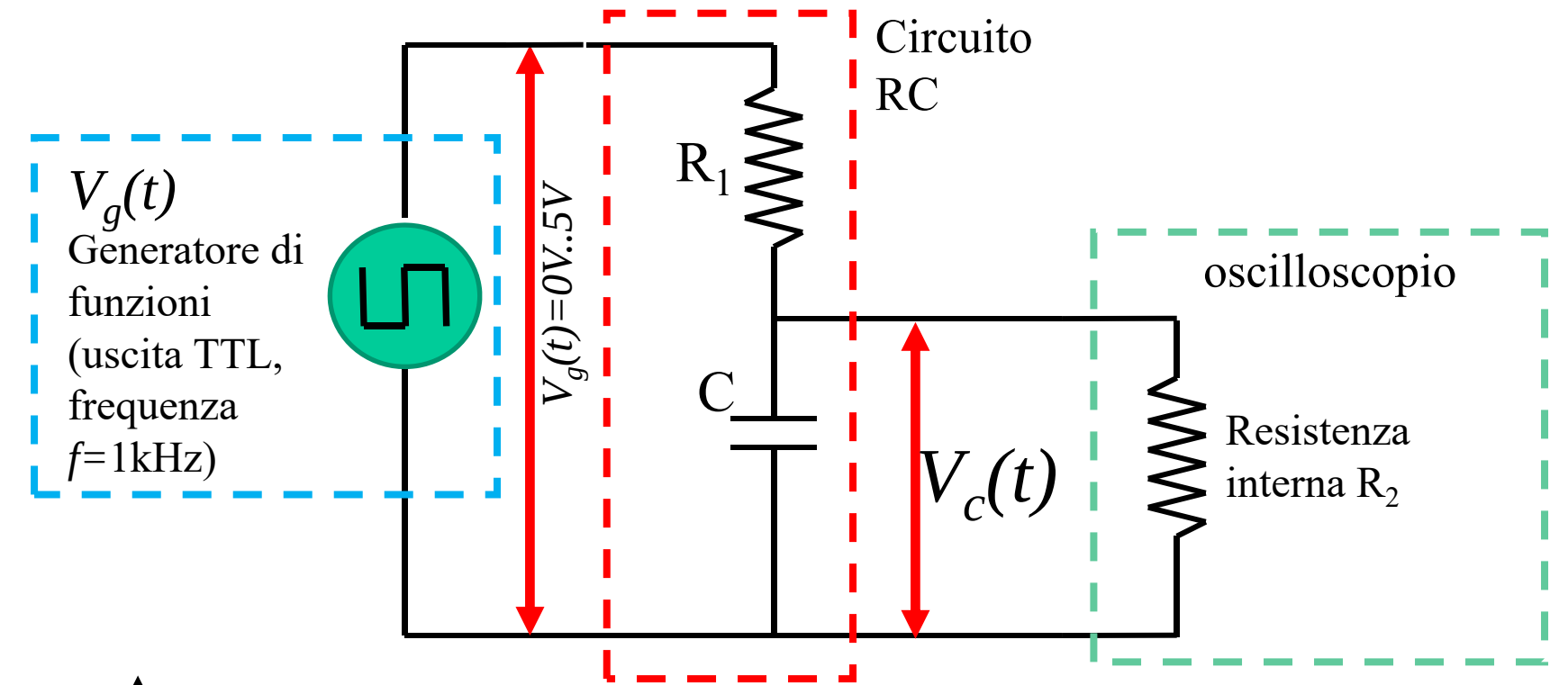
Seconda esperienza (13 Aprile 2016)

- Carica e scarica di un condensatore (con costante di tempo breve).
- Uso dell' oscilloscopio.
- Studio del circuito RC (onda quadra) e CR (onda quadra)
- Avrete a disposizione:
 - Condensatori
 - Resistenze
 - Cronometro
 - Multimetro digitale
 - Cavi di collegamento
 - Oscilloscopio iso-tech isr 622 a 2 canali
 - Generatore di segnali alternati (sinusoidali, quadri etc.)

Prima parte esercitazione 2 : carica e scarica del condensatore (circuito RC con breve costante di tempo)

- Sostituire R e C con valori inferiori ($2.7\text{k}\Omega$ e 22nF). La costante di tempo è molto diminuita ($RC=59\mu\text{s}$) e il processo è troppo veloce per usare voltmetro e cronometro.
- Però si può visualizzare lo stesso il processo di carica (e scarica) usando l'oscilloscopio.
- Invece che caricare e scaricare il condensatore collegandolo a mano all'alimentatore V_o , si usa un generatore di funzioni che può generare tensioni periodiche di diverse forme.
- L'uscita TTL genera una tensione periodica che si alterna tra 0V e 5V.
- Usando un periodo molto più lungo della costante di tempo, quando la tensione transisce da 0 a 5V inizia la carica del condensatore, che si completa prima che la tensione transisca nuovamente a 0V.
- Quando transisce da 5V a 0V parte la scarica. Anche questa si completa prima della successiva transizione del generatore da 0V a 5V.

Prima parte esercitazione 2 : carica e scarica del condensatore
(circuito RC con breve costante di tempo)



Generatore di funzioni

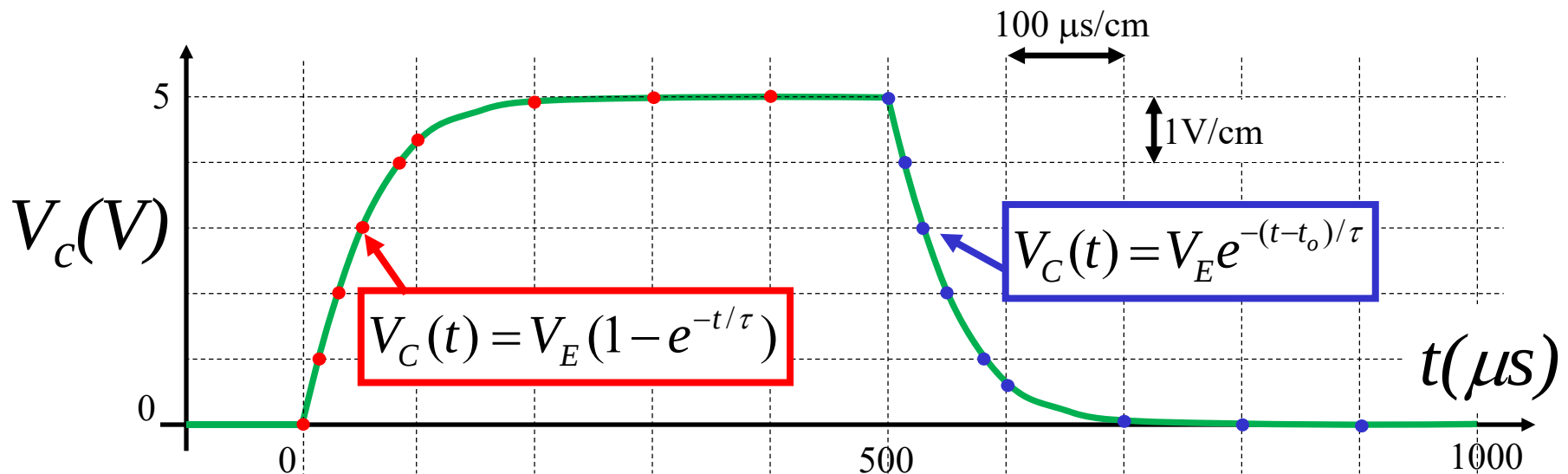


Regolazione frequenza

Uscita TTL del generatore di funzioni

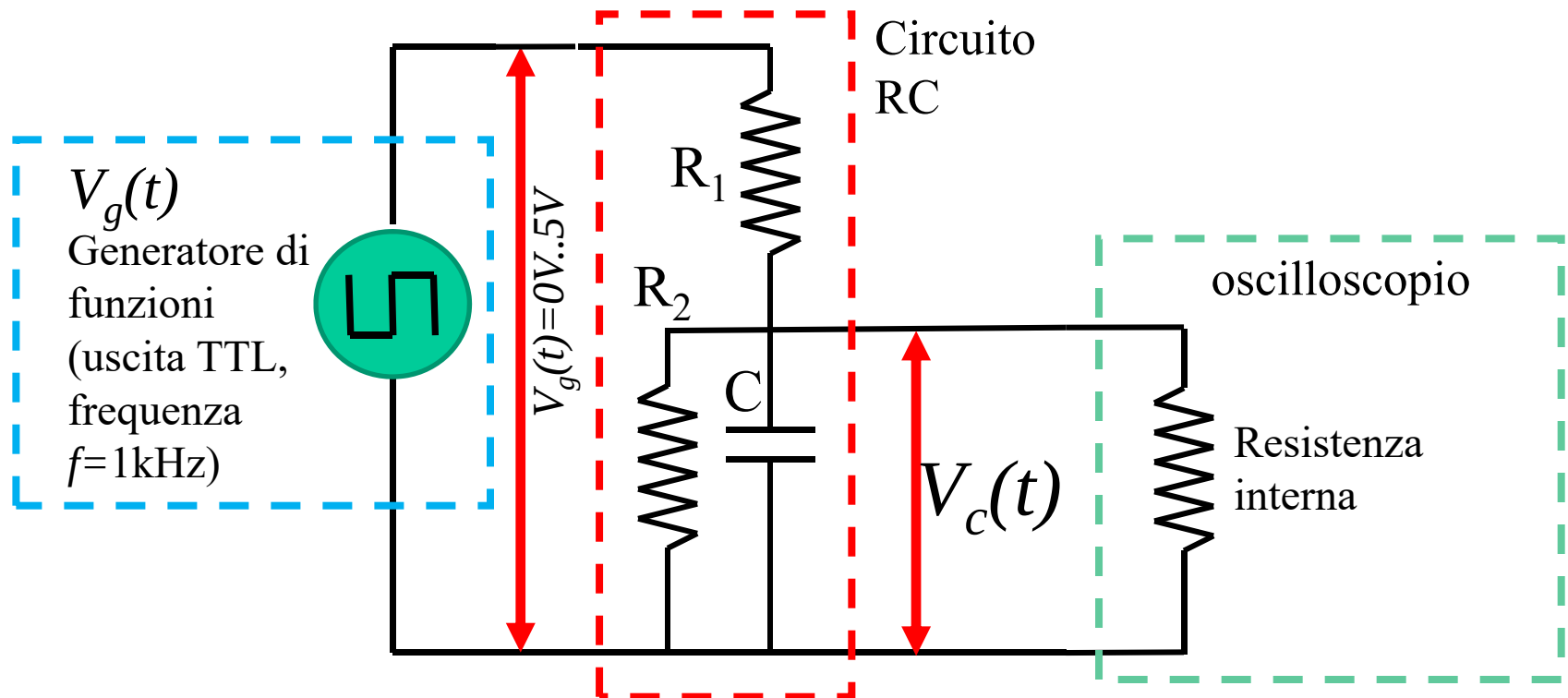
Prima parte esercitazione 2 : (circuito RC con breve costante di tempo)

- Scegliendo un periodo dell'onda quadra di 1 ms (frequenza 1 kHz) si ha abbastanza tempo nella fase alta e nella fase bassa della tensione del generatore per consentire la carica e scarica praticamente complete del condensatore.
- Sullo schermo si possono quindi campionare i valori della tensione al passare del tempo, e ricostruire lo stesso grafico fatto nella prima parte dell'esperienza, dal quale si misurerà nello stesso modo la nuova costante di tempo.
- Si possono usare anche i dati della scarica, con la formula relativa, e la costante di tempo deve venire la stessa entro gli errori.
- La resistenza interna dell'oscilloscopio è molto elevata ($1\text{M}\Omega$) e quindi non è facilmente misurabile in questo caso.

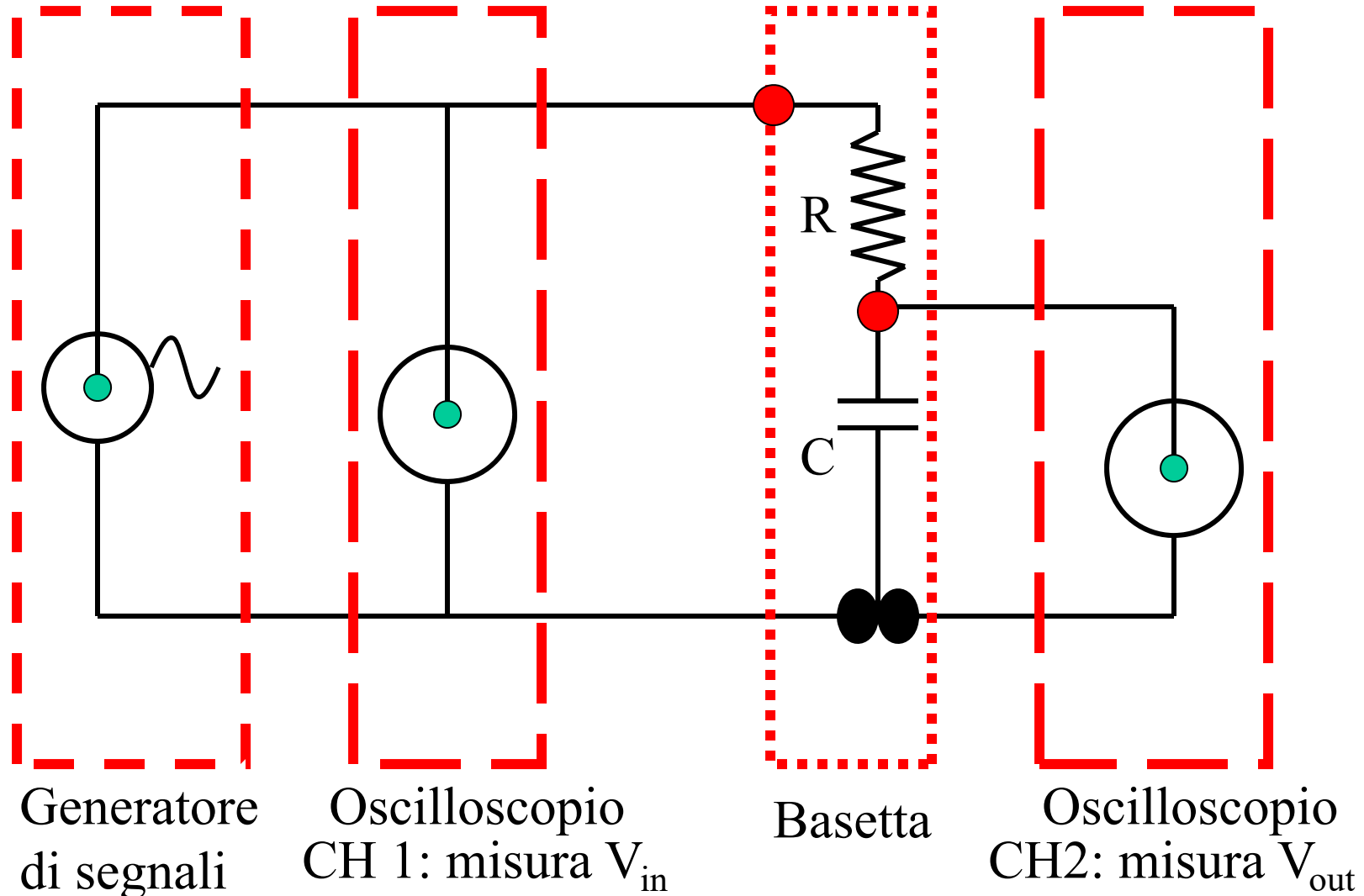


Seconda parte esercitazione 2 : (circuito RC con breve costante di tempo con partitore)

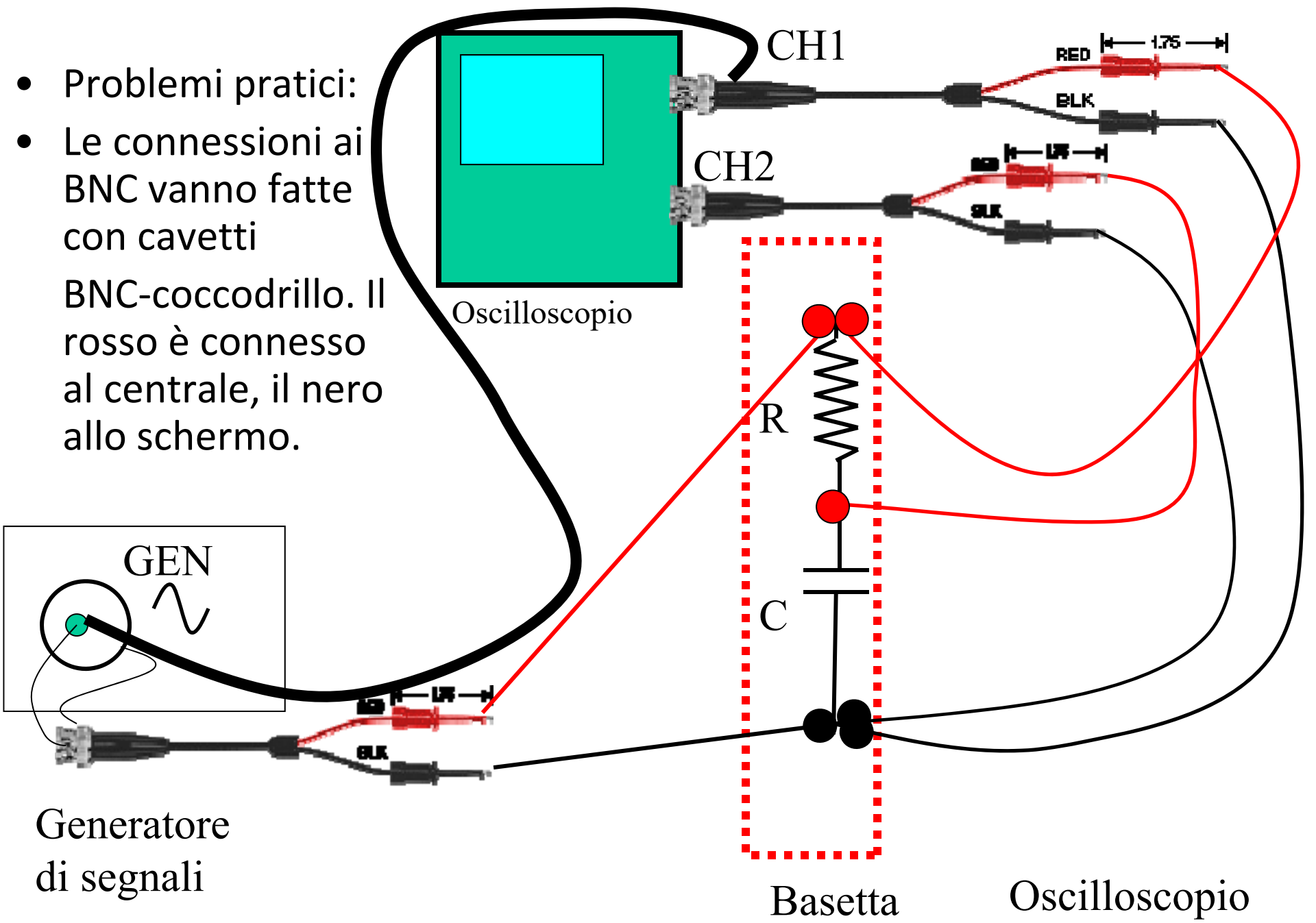
- Si aggiunge un resistore in parallelo al condensatore (ad es. da $2.7\text{k}\Omega$).
- Si ripetono le misure di tensione ai capi del condensatore in funzione del tempo. Che differenze ci sono rispetto al caso precedente ?
- Quale è il valore asintotico per la tensione di carica del condensatore?
- Come cambia la costante di tempo? Perché? (vedi lezione)



Circuito RC : schema di montaggio



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

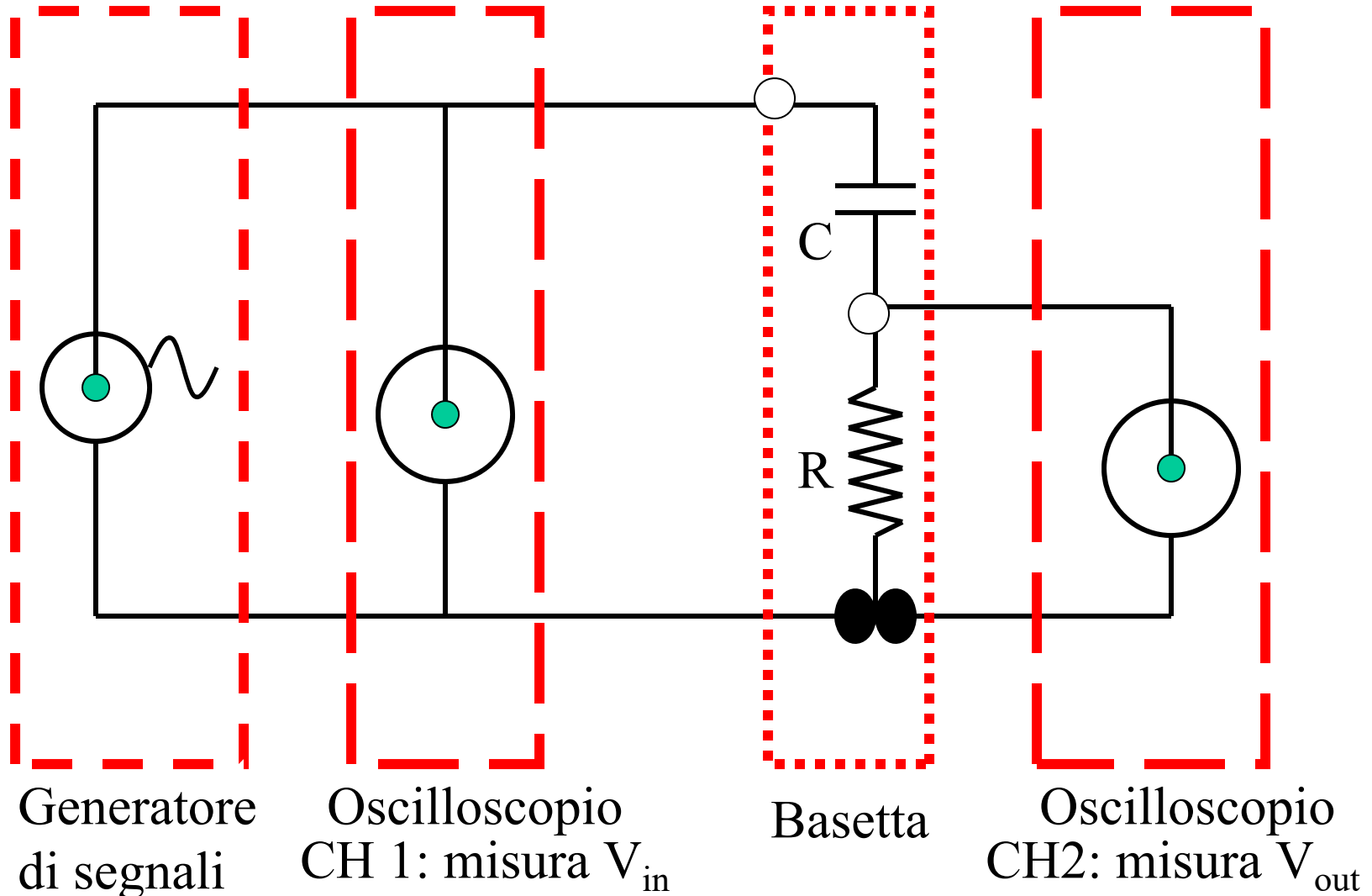


Terza parte esercitazione 2 :

(circuito CR con breve costante di tempo)

- Scambiando R con C nel circuito della parte 1 dell'esperienza, e prendendo il segnale ai capi di R, si misuri, con l'onda quadra in ingresso, la tensione in funzione del tempo.
- Si verifichi che il valore della costante di tempo è entro gli errori, compatibile con quella ricavata nella parte 1 dell'esperienza.
- Confrontare con il valore ottenuto a partire dalla misura di R e C con il ponte

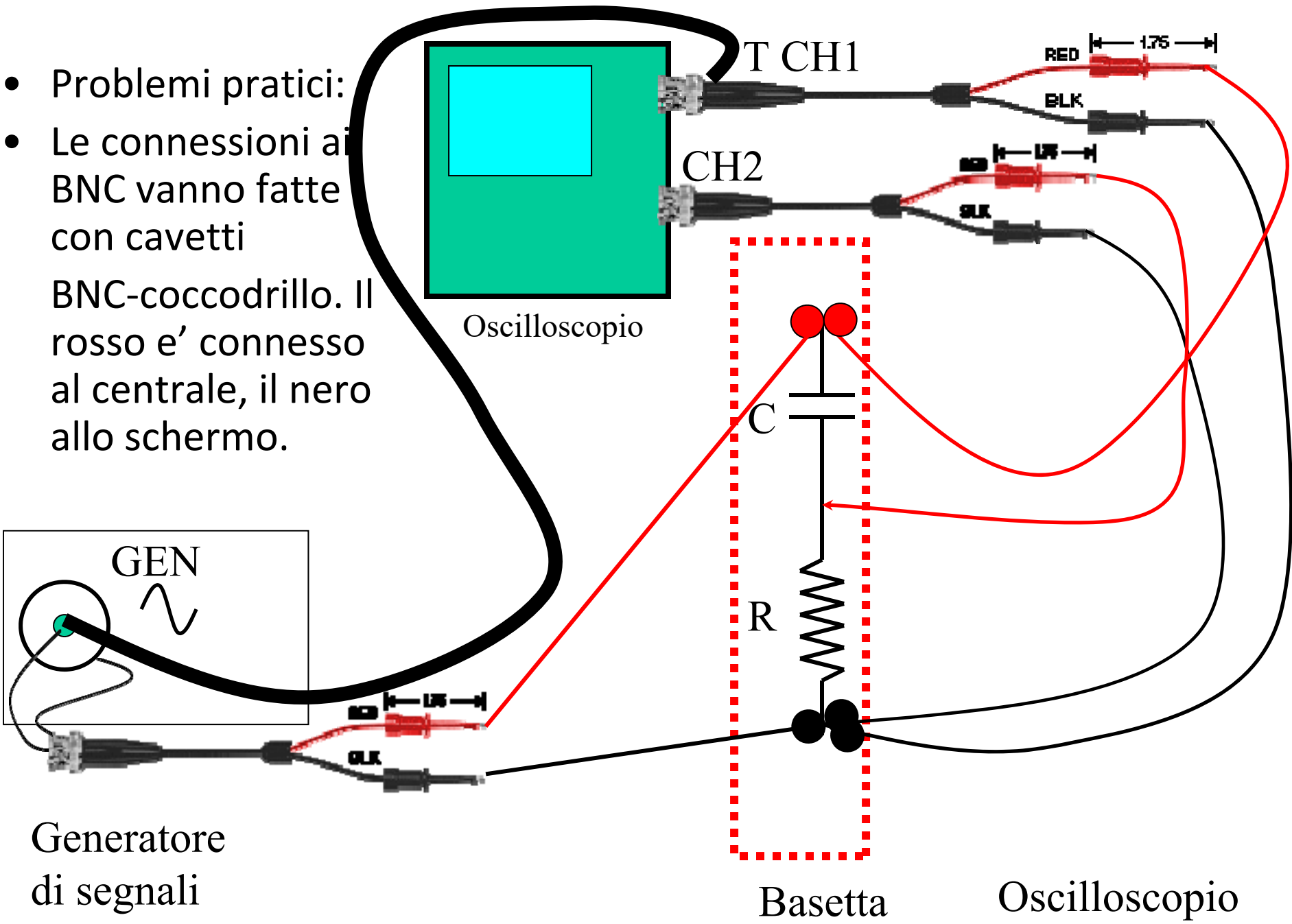
Circuito CR : schema di montaggio



○ = coccodrilli rossi

● = coccodrilli neri

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



Terza parte esercitazione 2 : (circuito CR con breve costante di tempo)

- Scegliendo un periodo dell'onda quadra di 1 ms (frequenza 1 kHz) si ha abbastanza tempo nella fase alta e nella fase bassa della tensione del generatore per consentire la carica e scarica praticamente complete del condensatore.

