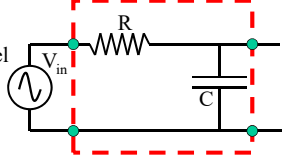


- Consideriamo il solito circuito RC, ma utilizziamo una V_{in} sinusoidale invece che quadra.
- Il caso sinusoidale è molto importante perchè
 - Una forma d'onda periodica qualsiasi può essere sviluppata in serie di armoniche (sviluppo di Fourier). Siccome le equazioni del circuito sono lineari, la risposta all'onda qualsiasi è la somma delle risposte alle singole componenti sinusoidali.
 - Ci sono generatori di segnali sinusoidali importanti (la rete elettrica ad es., e molti componenti elettromeccanici (alternatori ad es.).

Regime sinusoidale



Regime sinusoidale

$$V_{in} = V_o \cos(\omega t)$$

$$V(t) - R \frac{dQ}{dt} - \frac{Q}{C} = 0$$

$$V(t) - RC \frac{dV_C}{dt} - V_C = 0$$

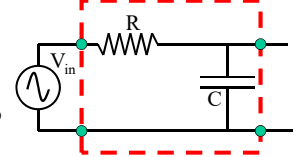
$$RC \frac{dV_C}{dt} + V_C = V_o \cos(\omega t)$$

si cerca una soluzione del tipo

$$V_C = V_{oc} \cos(\omega t + \phi)$$

Sostituendo si trovano le costanti

$$V_{oc} \text{ e } \phi$$



si preferisce però usare la notazione complessa, che rende più semplici i calcoli. Si usa l'identità

$$e^{j\alpha} = \cos(\alpha) + j \sin(\alpha)$$

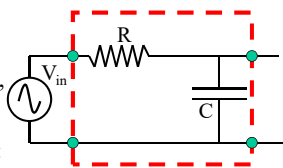
e si considera, convenzionalmente, l'equazione per $V(t)$ come la parte reale di una equazione complessa:

Quindi:

$$V_C = V_{oc} e^{j(\omega t + \phi)} \text{ e } V_{in} = V_o e^{j\omega t} \text{ e quindi}$$

$$RC \frac{dV_C}{dt} + V_C = V_o \cos(\omega t) \Rightarrow RCj\omega V_{oc} e^{j(\omega t + \phi)} + V_{oc} e^{j(\omega t + \phi)} = V_o e^{j\omega t}$$

Regime sinusoidale



Regime sinusoidale

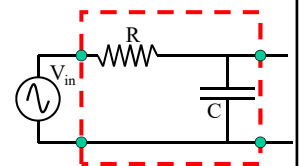
$$RCj\omega V_{oc} e^{j(\omega t + \phi)} + V_{oc} e^{j(\omega t + \phi)} = V_o e^{j\omega t}$$

$$RCj\omega V_{oc} e^{j\omega t} e^{j\phi} + V_{oc} e^{j\omega t} e^{j\phi} = V_o e^{j\omega t}$$

$$RCj\omega V_{oc} e^{j\phi} + V_{oc} e^{j\phi} = V_o$$

$$V_{oc} e^{j\phi} = \frac{V_o}{RCj\omega + 1} \text{ e quindi}$$

$$V_{oc} = \frac{V_o}{\sqrt{(RC\omega)^2 + 1}}$$



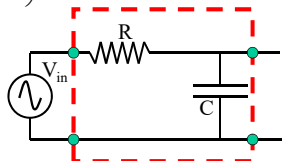
Regime sinusoidale

inoltre si può anche scrivere

$$V_{oc} e^{j\phi} = \frac{V_o}{RCj\omega + 1} = \frac{V_o}{(RC\omega)^2 + 1}$$

usando il fatto che $\phi = \arctan\left(\frac{\text{Im}(V_{oc} e^{j\phi})}{\text{Re}(V_{oc} e^{j\phi})}\right)$ si trova subito

$$\phi = \arctan\left(-\frac{RC\omega}{1}\right) = \arctan(-RC\omega) = \arctan(-\tau\omega)$$



- Possiamo quindi graficare, in Regime sinusoidale, funzione della frequenza del segnale d'ingresso, l'ampiezza del segnale in uscita, ed il suo sfasamento:

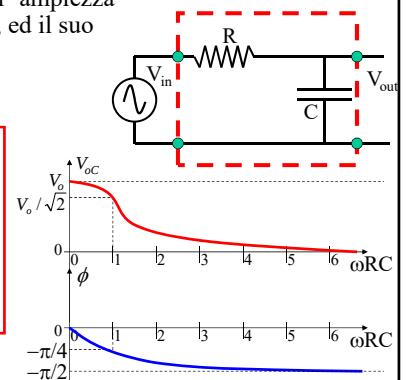
$$V_{in} = V_o e^{j\omega t} \Rightarrow$$

$$V_{out} = V_{oc} e^{j(\omega t + \phi)}$$

dove

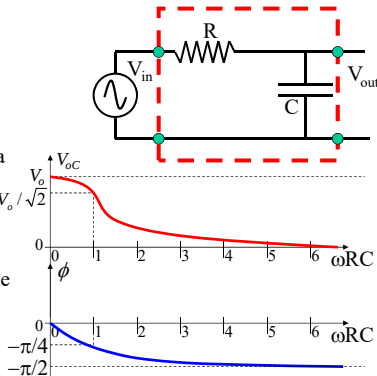
$$V_{oc} = \frac{V_o}{\sqrt{(\tau\omega)^2 + 1}}$$

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



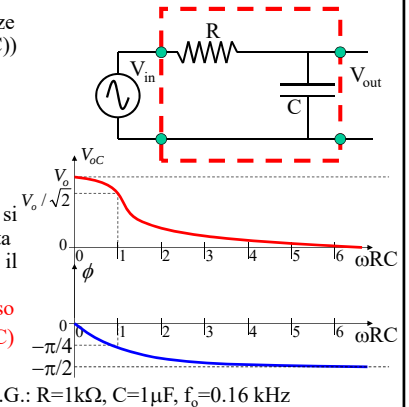
Regime sinusoidale

- Per $\omega \rightarrow 0$ la tensione ai capi del condensatore tende ad essere in ogni istante uguale a quella del generatore: condizioni quasistatiche
- Per $\omega \rightarrow \infty$ le variazioni di tensione in ingresso sono talmente veloci che il condensatore non riesce né a caricarsi né a scaricarsi in tempo. Di conseguenza la tensione ai suoi capi rimane nulla.
- Per ω intermedi, la tensione del condensatore segue, con un certo ritardo e ridotta in ampiezza, la tensione di ingresso.



Regime sinusoidale

- Possiamo dire quindi che le pulsazioni ω molto minori di $1/RC$ (frequenze molto minori di $1/(2\pi RC)$) passano attraverso il blocco RC, mentre le pulsazioni ω molto maggiori di $1/RC$ non passano attraverso il blocco RC.
- Si conclude che, quando si prende il segnale in uscita ai capi del condensatore, il blocco RC si comporta come un **filtro passa basso**
- La frequenza $f_0 = 1/(2\pi RC)$ viene detta **frequenza di taglio del filtro**.



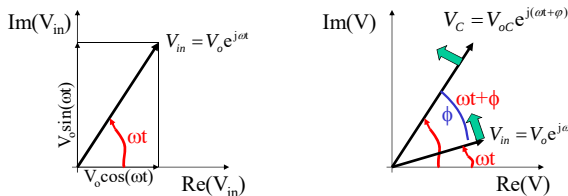
I fasori

- Alla rappresentazione complessa delle tensioni corrisponde una rappresentazione geometrica interessante.
- Nel piano complesso i segnali

$$V_{in} = V_o \cos(\omega t) \Rightarrow V_{in} = V_o e^{j\omega t}$$

$$V_C = V_{oC} \cos(\omega t + \phi) \Rightarrow V_C = V_{oC} e^{j(\omega t + \phi)}$$

- Sono vettori che ruotano in senso antiorario con velocità ω :



Corrente

- La corrente che scorre nel circuito ... è

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dV_C}{dt} = C \frac{d}{dt} (V_{oC} e^{j(\omega t + \phi)}) = CV_{oC} j\omega e^{j(\omega t + \phi)}$$

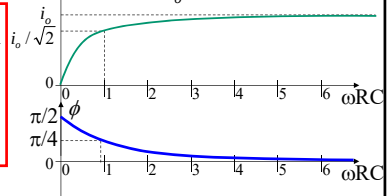
$$i_C = i = (j\omega C) V_C \Rightarrow \text{Legge di Ohm Generalizzata: basta pensare ad una "impedenza" del condensatore pari a } 1/j\omega C$$

$$i = j\omega C V_C = \frac{j\omega C V_{in}}{RCj\omega + 1}$$

scrivendo la corrente nella forma $i = I_o e^{j(\omega t + \phi_I)}$ si ottiene:

$$I_o = V_o \frac{\omega C}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}}$$

$$\phi_I = \arctan\left(\frac{1}{\omega\tau}\right)$$



Corrente

- La corrente che scorre nel circ. durante la carica e scarica del condensatore è

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dV_C}{dt} = C \frac{d}{dt} (V_{oC} e^{j(\omega t + \phi)}) = CV_{oC} j\omega e^{j(\omega t + \phi)}$$

$$i_C = i = (j\omega C) V_C \Rightarrow \text{Legge di Ohm Generalizzata: basta pensare ad una "impedenza" del condensatore pari a } 1/j\omega C$$

$$i = j\omega C V_C = \frac{j\omega C V_{in}}{RCj\omega + 1}$$

scrivendo la corrente nella forma $i = I_o e^{j(\omega t + \phi_I)}$ si ottiene:

$$I_o = \frac{\omega C}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}} V_o$$

$$\phi_I = \arctan\left(\frac{1}{\omega\tau}\right)$$

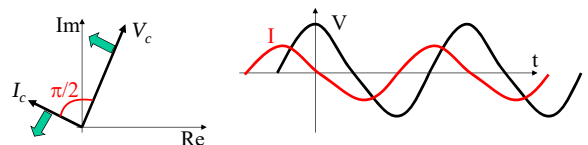
da confrontare con

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

$$\phi_{V_C} = \arctan(-\omega\tau)$$

Corrente

- La corrente nel circuito è quindi sfasata rispetto alla tensione ai capi del condensatore:
- $$\tan(\phi_I - \phi_{V_C}) = \frac{\tan(\phi_I) - \tan(\phi_{V_C})}{1 + \tan(\phi_{V_C})\tan(\phi_I)} = \frac{\frac{1}{\omega\tau} + \omega\tau}{1 - \omega\tau \frac{1}{\omega\tau}} = +\infty$$
- Quindi
- $$\phi_I - \phi_{V_C} = \frac{\pi}{2}$$
- La tensione ai capi del condensatore ha un ritardo di 90° rispetto alla corrente, indipendentemente dalla frequenza.



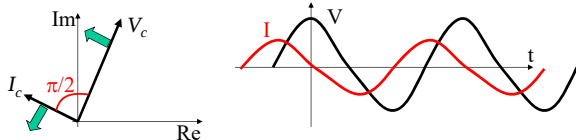
Corrente

- Con la notazione complessa si ritrova subito lo stesso risultato

$$\text{da } i_c = i = (j\omega C)V_c$$

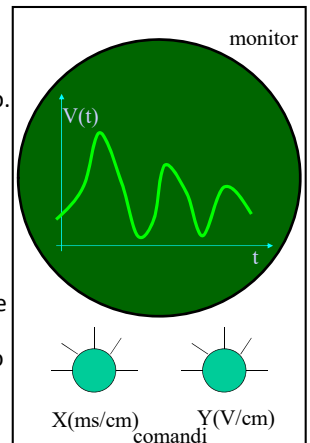
$$V_{oc} e^{j(\omega t + \phi_{V_c})} = \frac{1}{j\omega C} I_o e^{j(\omega t + \phi_I)} = -j \frac{1}{\omega C} I_o e^{j(\omega t + \phi_I)} = e^{-j\frac{\pi}{2}} \frac{1}{\omega C} I_o e^{j(\omega t + \phi_I)}$$

$$V_{oc} e^{j\phi_{V_c}} = \frac{I_o}{\omega C} e^{j(\phi_I - \frac{\pi}{2})} \Rightarrow \phi_I - \phi_{V_c} = \frac{\pi}{2}$$



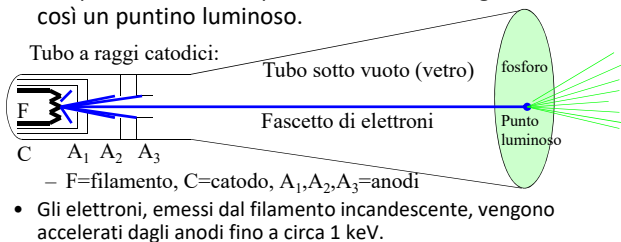
L' oscilloscopio

- 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

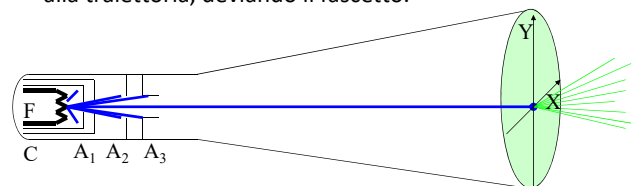
- Nell' oscilloscopio analogico la visualizzazione viene ottenuta focalizzando un fascetto di elettroni in diversi punti di uno schermo ricoperto di materiale fosforescente. Arrivando nel centro dello schermo gli elettroni cedono la loro energia agli atomi del fosforo, che poi si diseccitano producendo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



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

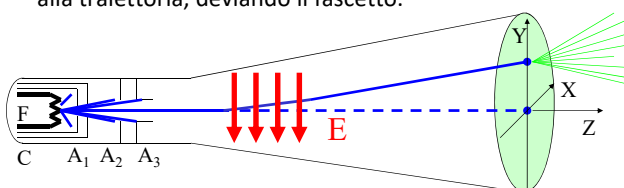
L' oscilloscopio analogico

- 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.



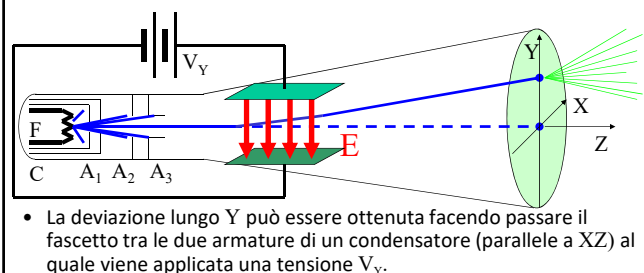
L' oscilloscopio analogico

- 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.



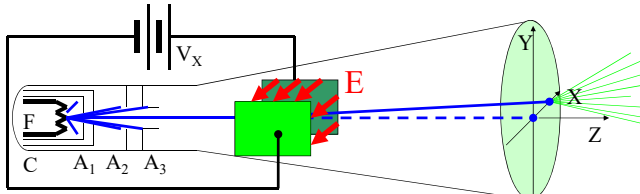
L' oscilloscopio analogico

- 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.



L' oscilloscopio analogico

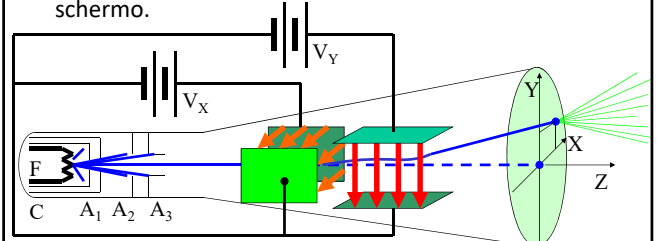
- La posizione del punto luminoso sullo schermo può essere modificata deviando la traiettoria del fascetto di elettroni all'interno del tubo.
- Ad esempio, applicando un campo elettrico ortogonale al fascetto, si esercita una forza in direzione ortogonale alla traiettoria, deviando il fascetto.



- 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.



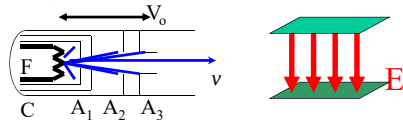
- Le deflessioni sono proporzionali alle tensioni V_x e V_y applicate alle placchette.

L' oscilloscopio analogico

- Collegiamo 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

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

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



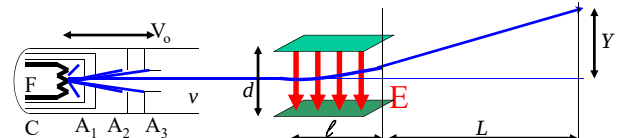
L' oscilloscopio analogico

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



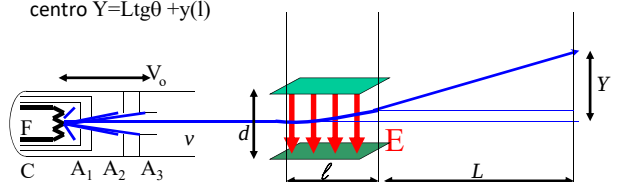
L' oscilloscopio analogico

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

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

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

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



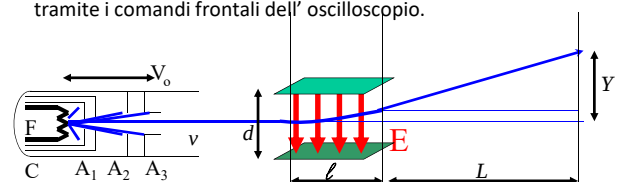
L' oscilloscopio analogico

- Si ottiene quindi

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

$$Y = D V_y$$

- 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

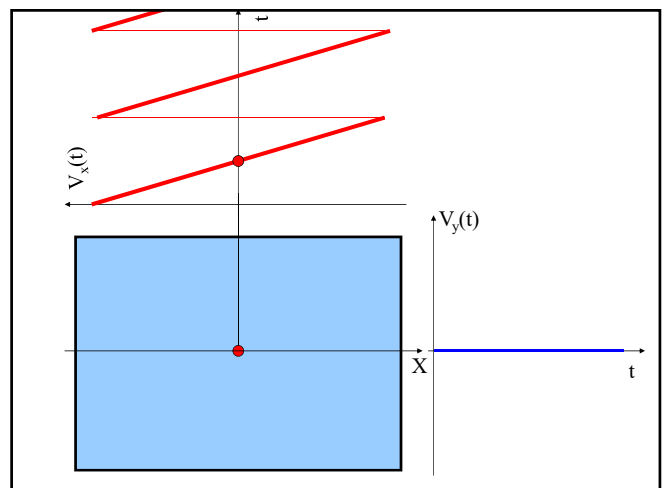
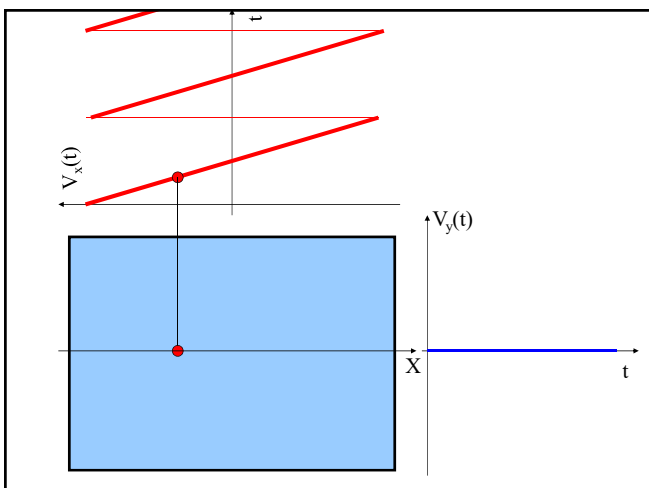
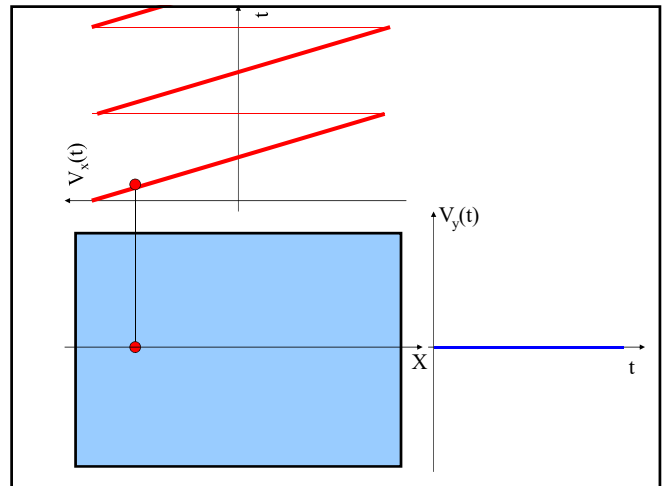
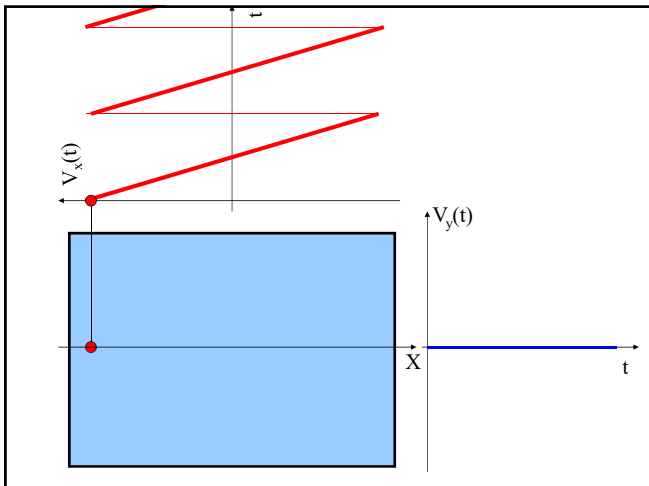
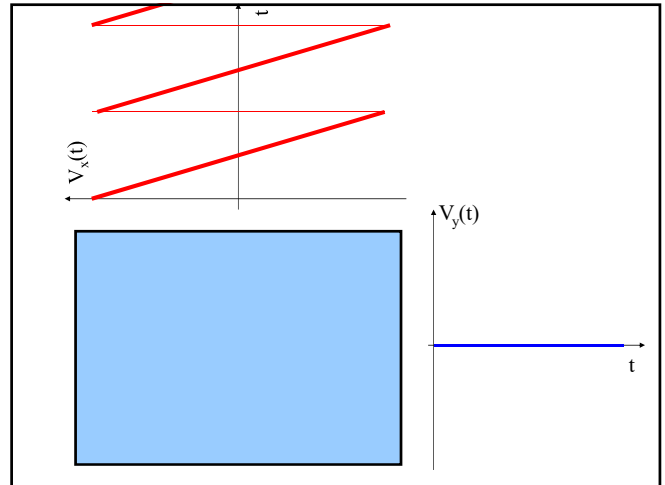
- Normalmente si vuole studiare una tensione variabile nel tempo $V(t)$. Lo si fa connettendola all' ingresso verticale, in modo che la deflessione verticale del punto luminoso sullo schermo sia

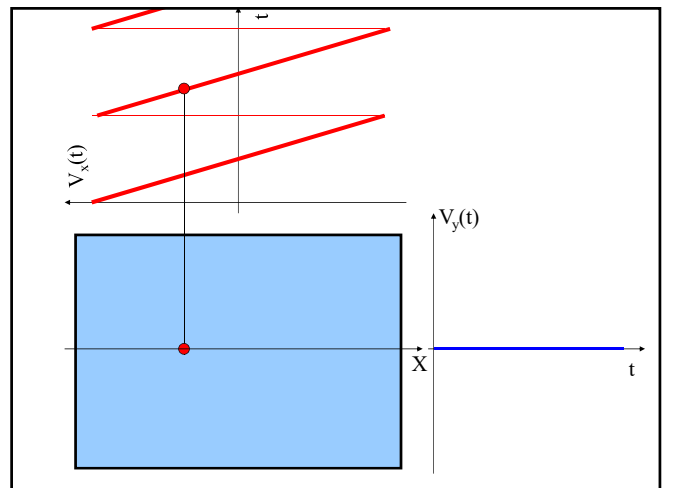
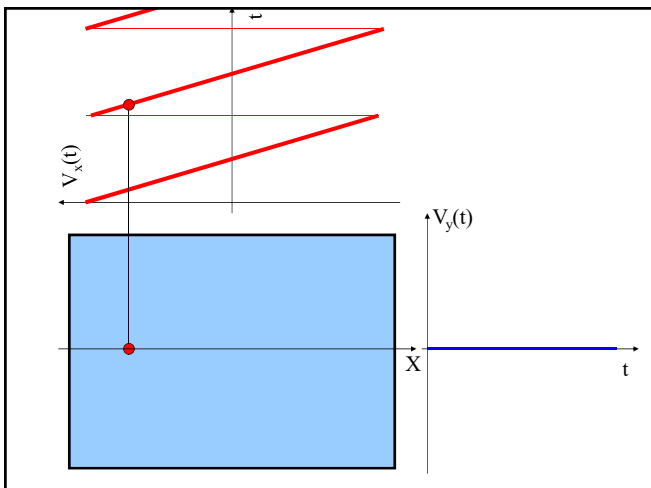
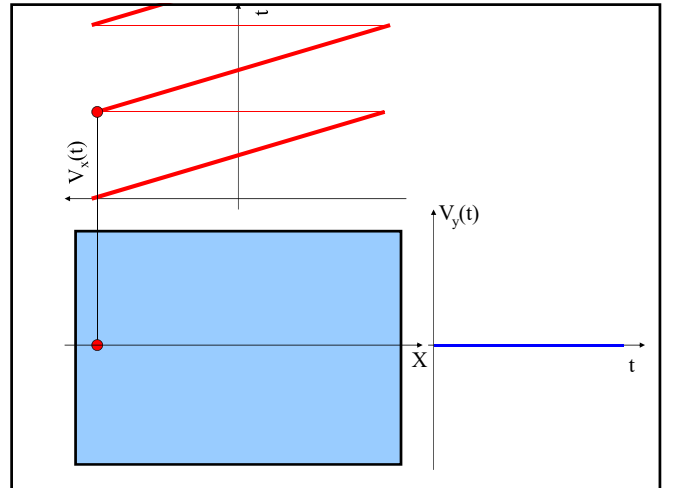
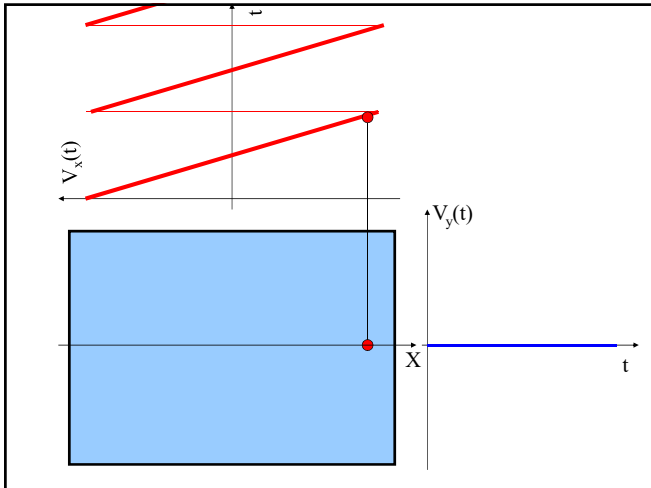
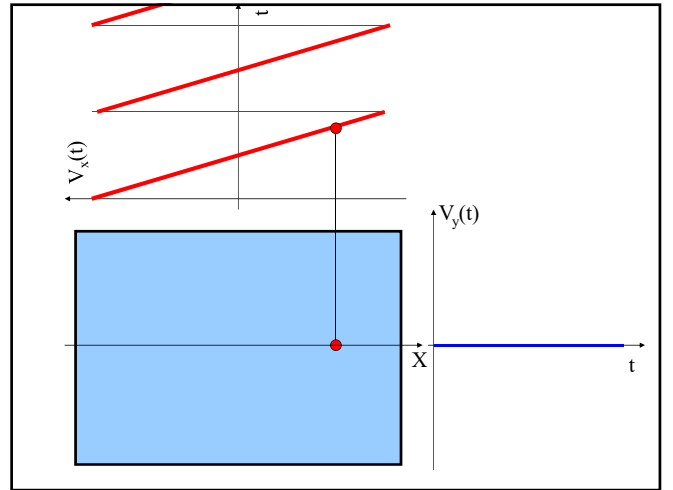
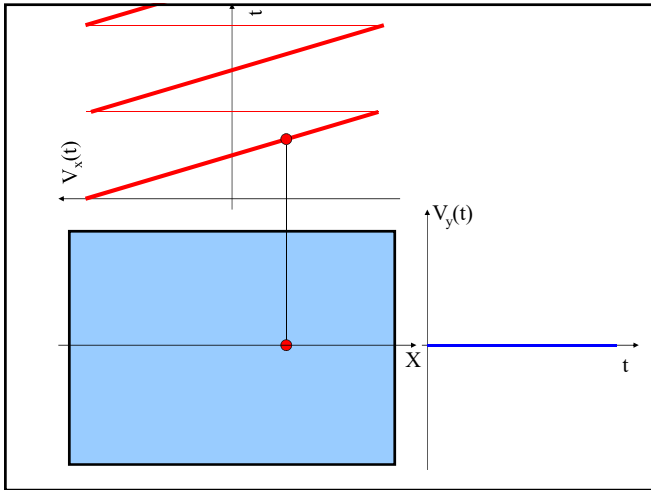
$$Y = D_Y V(t)$$

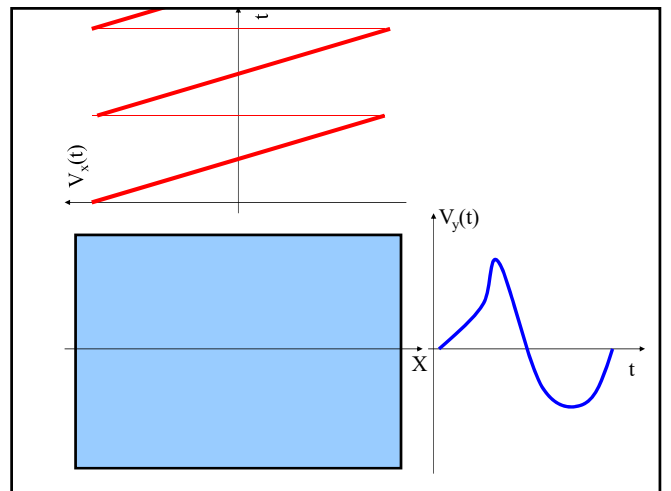
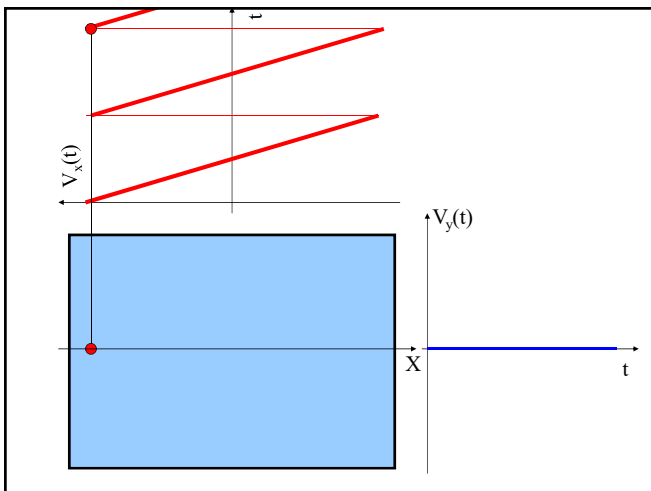
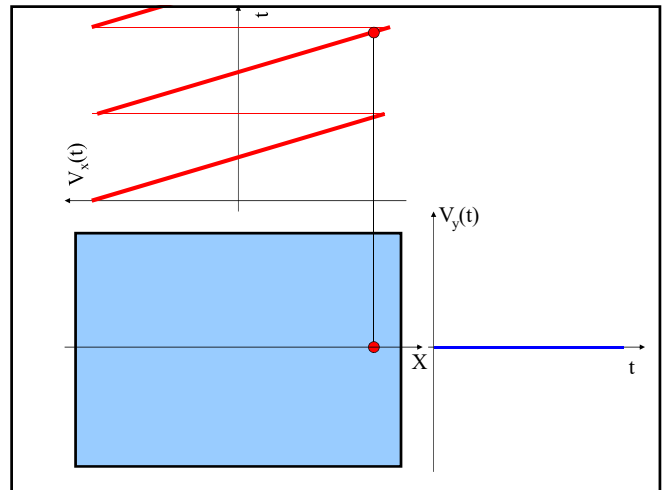
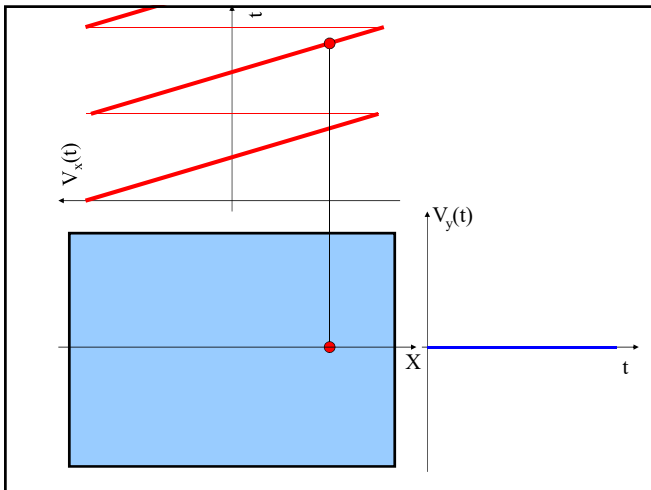
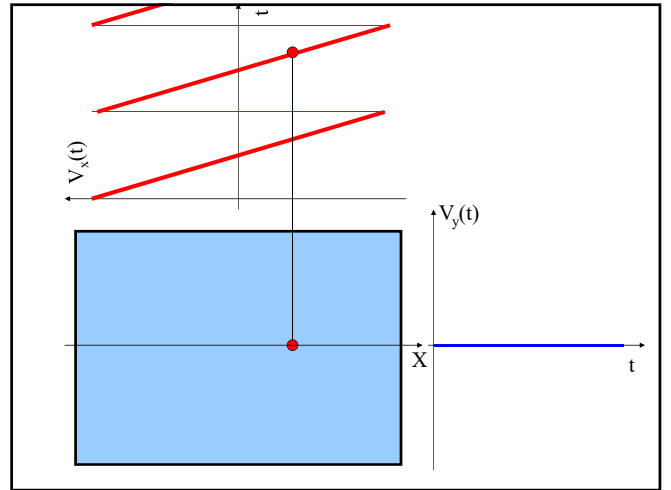
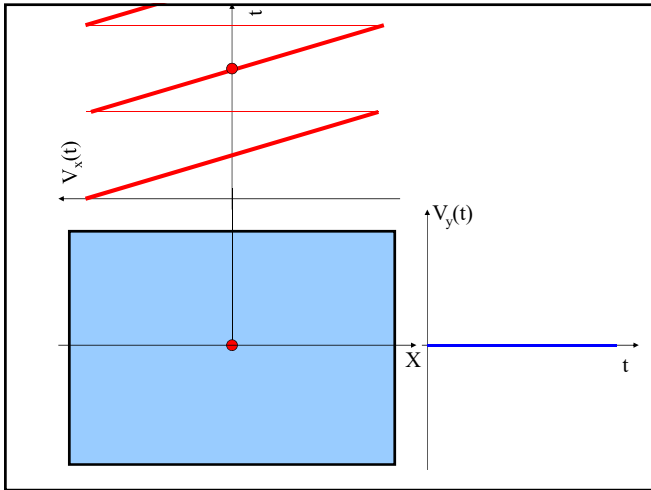
- Contemporaneamente viene generata internamente all' oscilloscopio una tensione V_x a dente di sega:

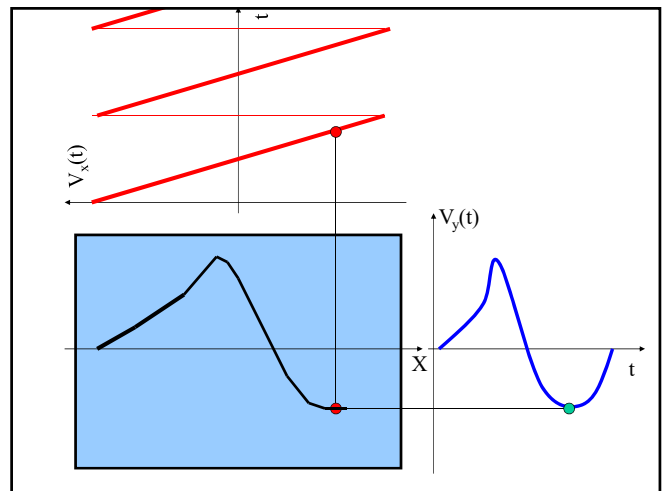
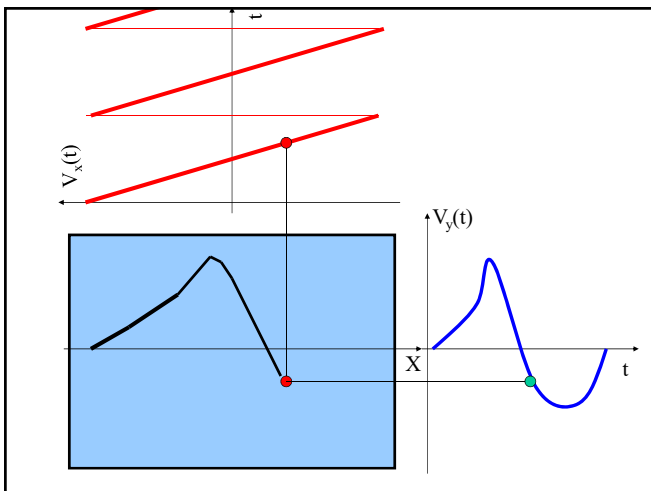
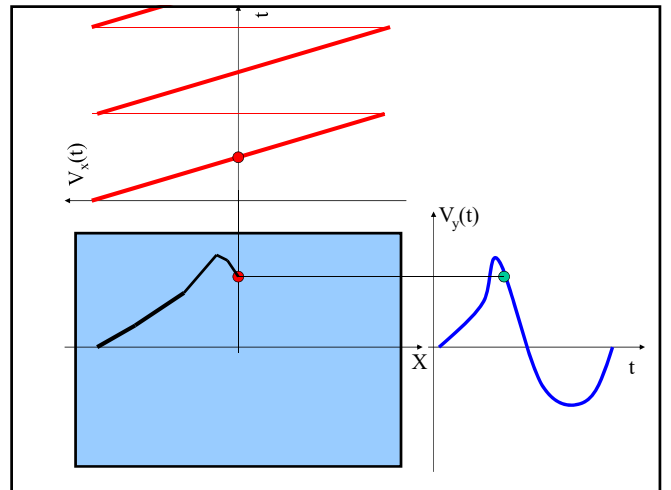
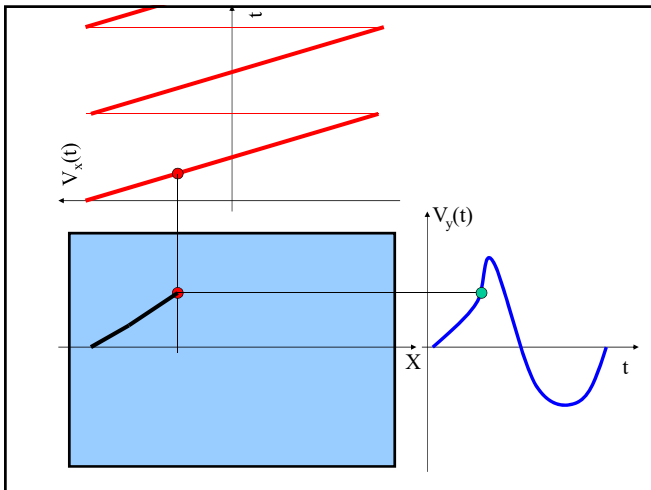
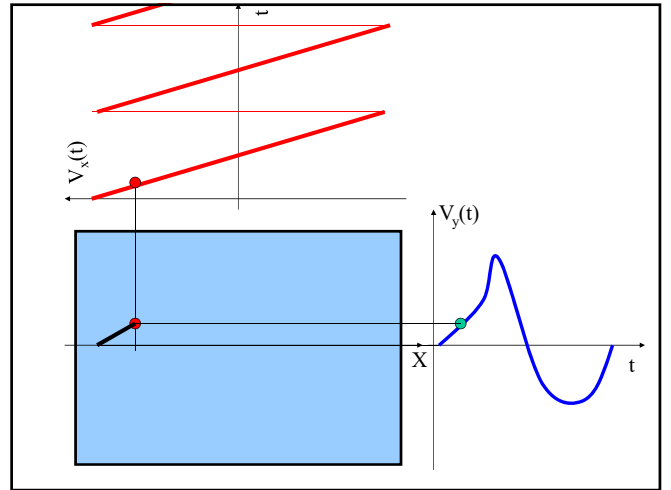
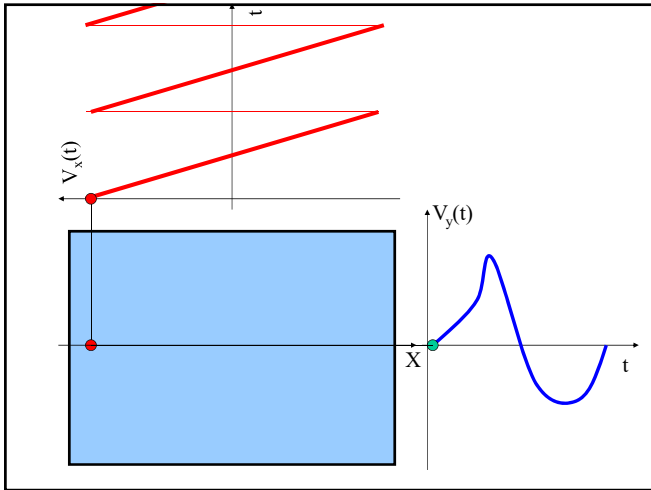
$$X = D_X t$$

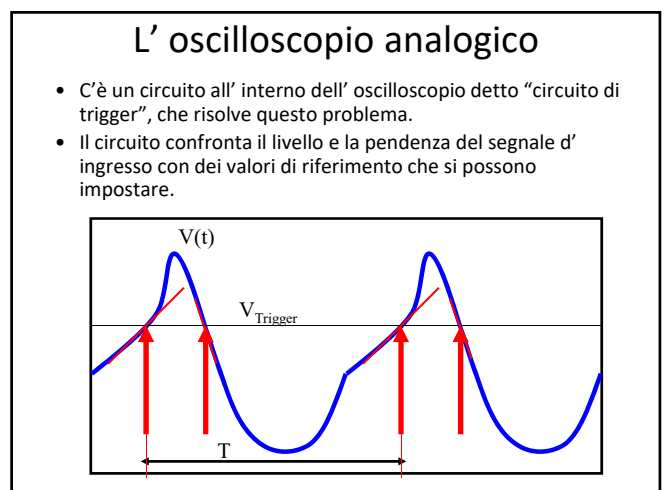
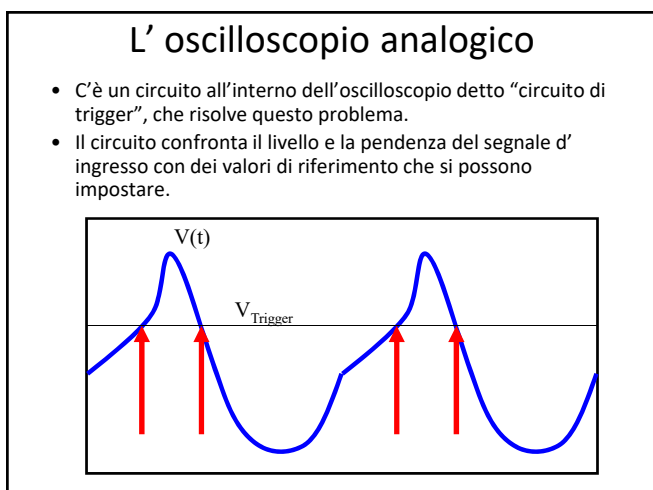
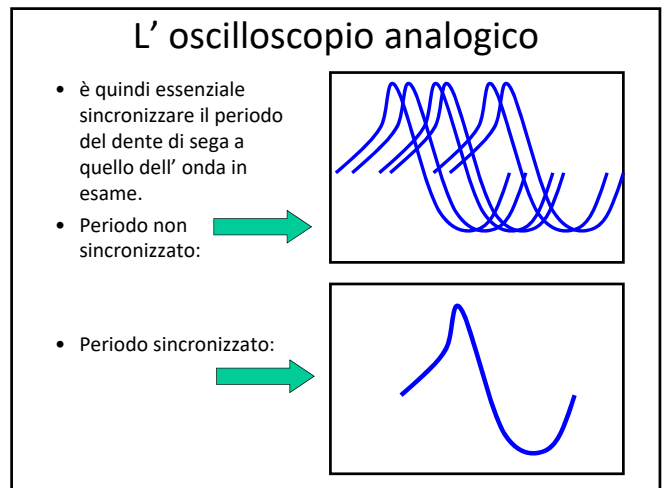
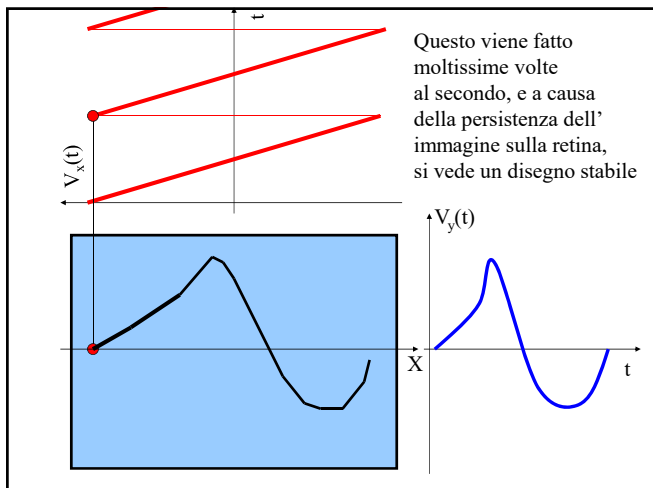
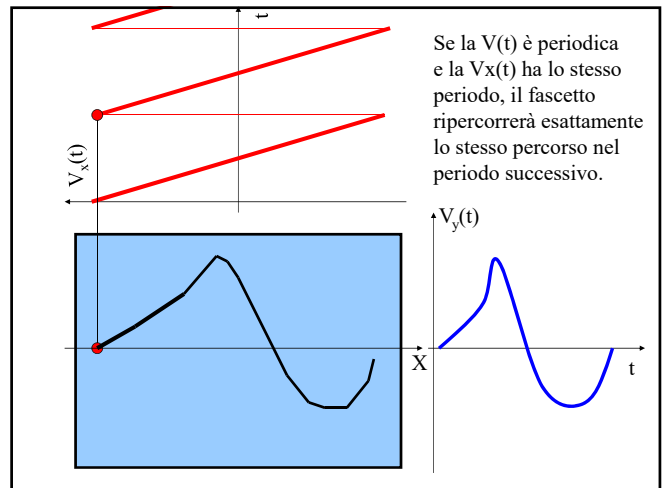
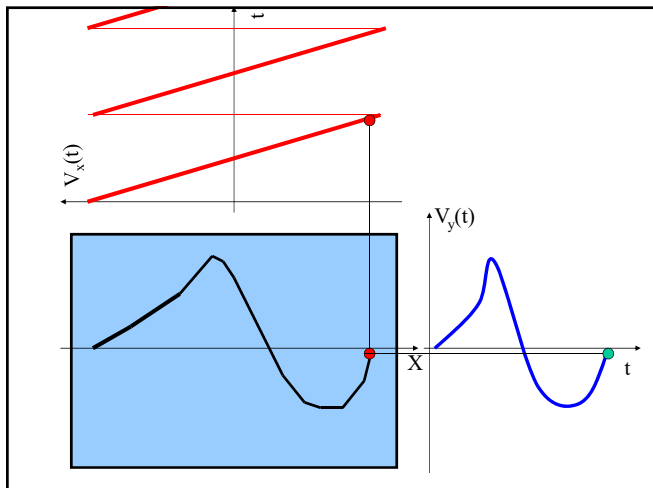
- Quindi la tensione da studiare provoca lo spostamento verticale del punto luminoso, e contemporaneamente questo si sposta a velocità costante orizzontalmente. Il risultato è un grafico della tensione in funzione del tempo.
- Ovviamente, il fattore di deflessione orizzontale va regolato in modo da poter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





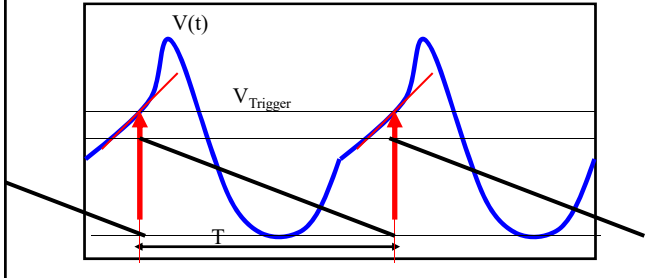






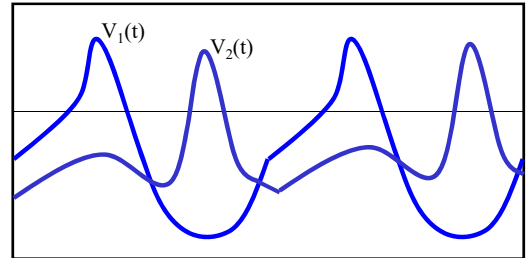
L' oscilloscopio analogico

- 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:

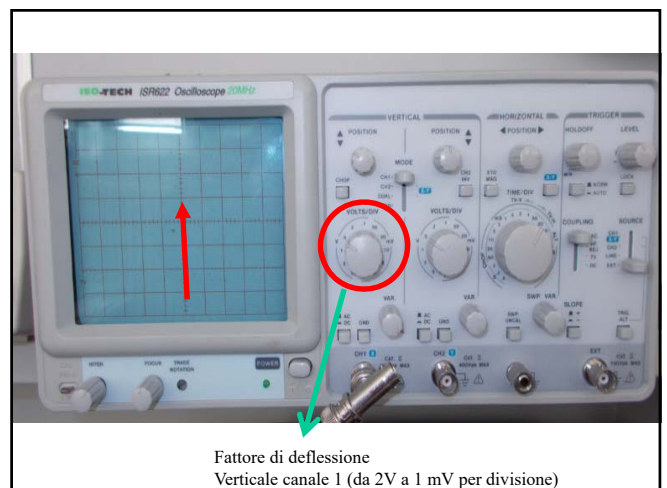
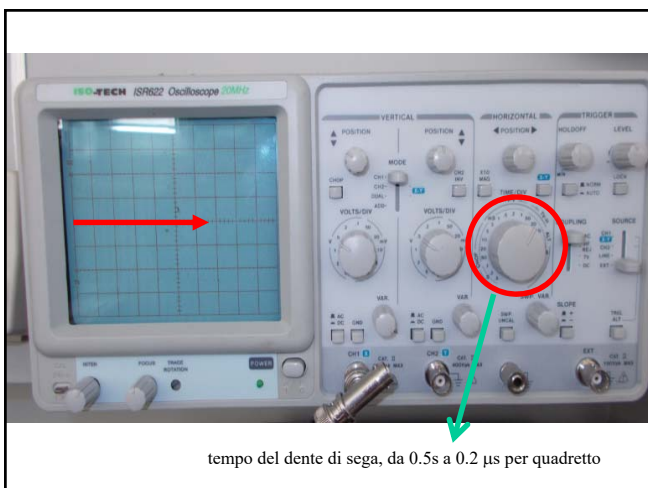


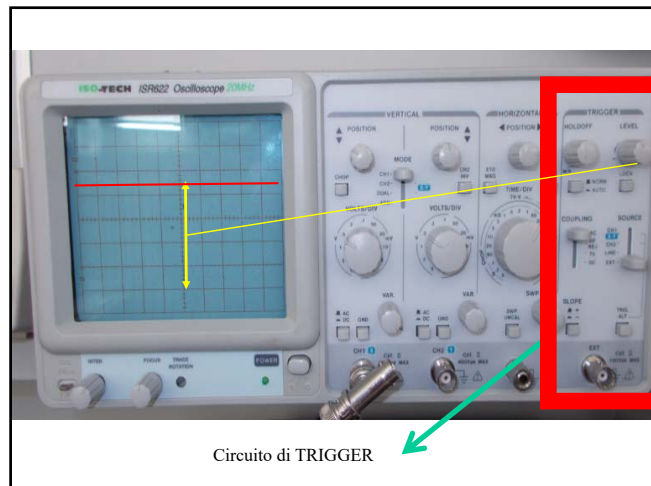
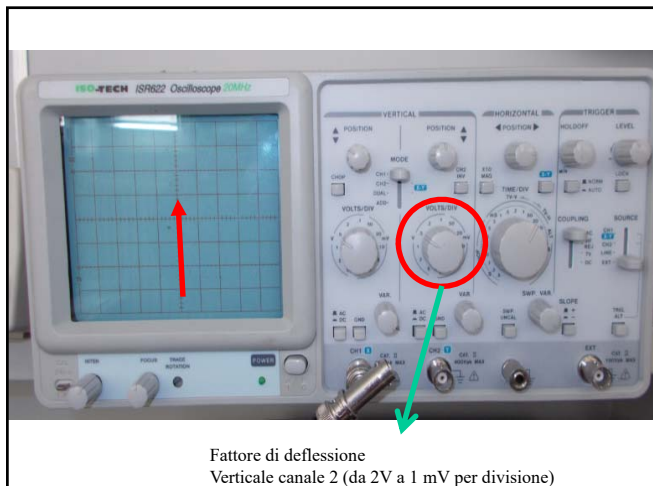
L' oscilloscopio analogico

- 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, sennò 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

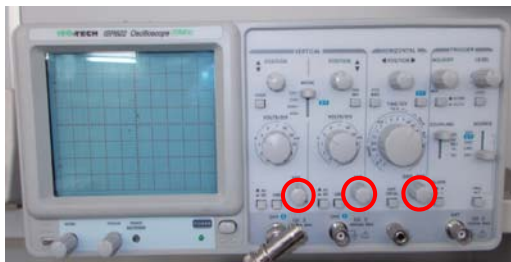
- LEVEL, FIX, SLOPE controlla il valore della tensione di riferimento del trigger e la pendenza di riferimento. Quando è completamente ruotato in senso orario, su FIX, è regolato in modo automatico. Si può tirare la manopola o spingerla per selezionare la pendenza; girandola si regola il livello.
- La 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.



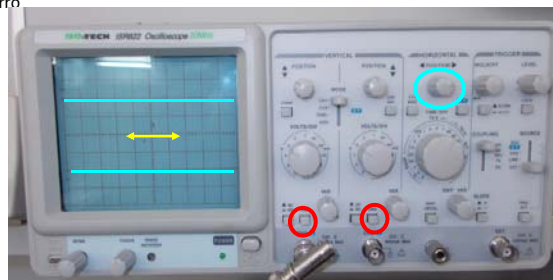


Uso dell' Oscilloscopio

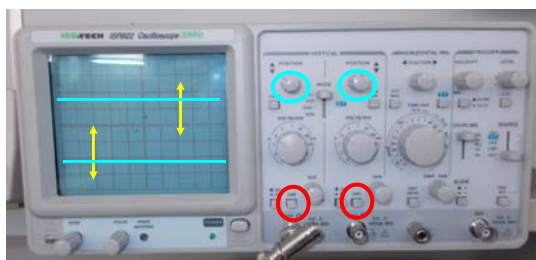
- La prima cosa da fare è mettere su "cal" i potenziometri di taratura dei fattori di deflessione e della base dei tempi (cerchiati di verde nella figura). Vanno ruotati completamente in senso orario.



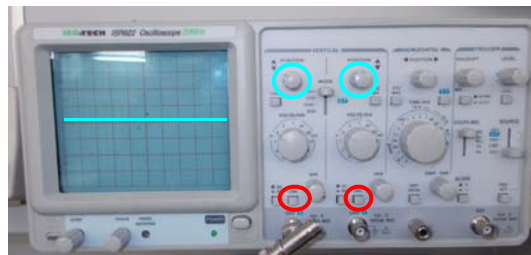
Uso dell' oscilloscopio: la seconda cosa da fare è regolare lo zero delle tracce: Si mette il trigger su AUTO
Si mettono a zero i segnali in ingresso a CH1 e CH2, commutando su GND i pulsanti identificati in rosso
Si regola la posizione orizzontale delle tracce con il potenziometro identificato in azzurro



Uso dell' oscilloscopio

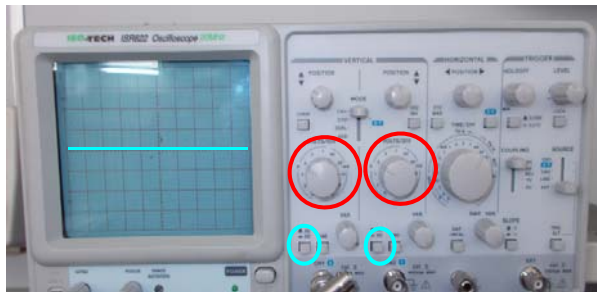


Traccia regolata sullo zero per entrambi i canali



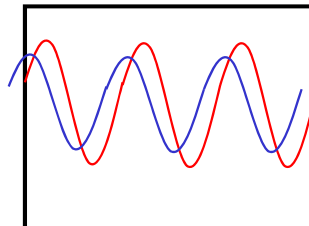
Uso dell' Oscilloscopio

- 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.

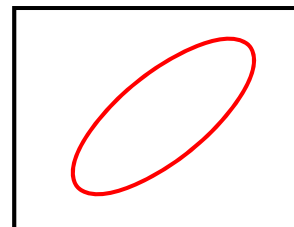


Due metodi possibili:

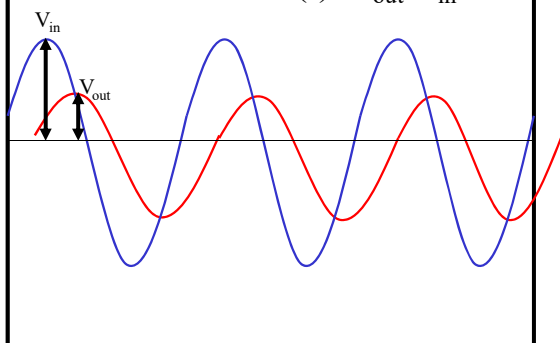
Su auto/norm si grafica $V(\text{CH1})$ e $V(\text{CH2})$ in funzione di t



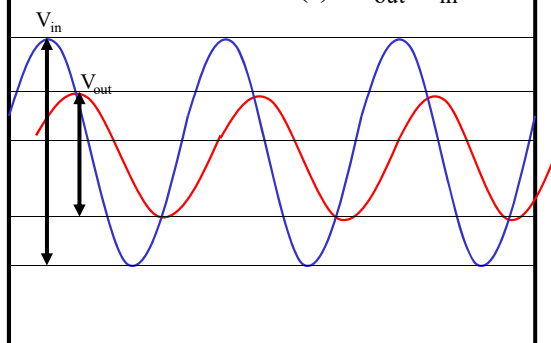
Su X-Y si grafica $V(\text{CH1})$ in funzione di $V(\text{CH2})$ e quindi si vede una ellisse:



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

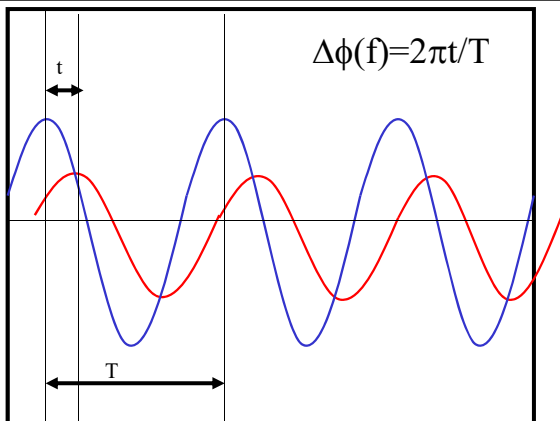


$$A(f) = V_{\text{out}}/V_{\text{in}}$$

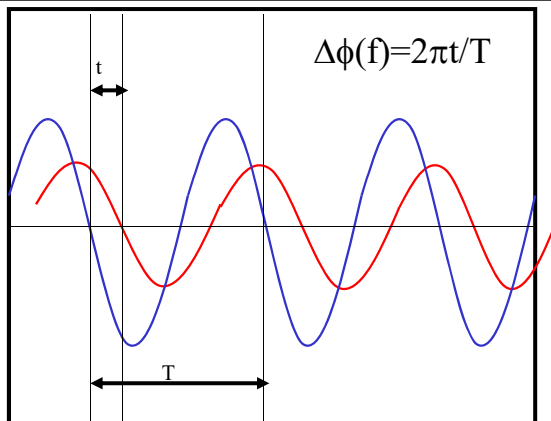


Metodo più furbo

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



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



Metodo più furbo

Metodo dell' ellisse

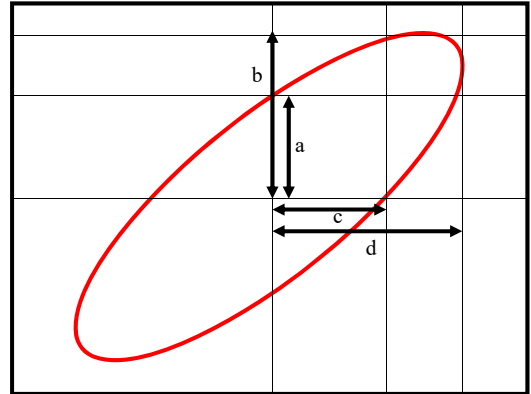
- Si applicano i segnali ai due assi ortogonali.

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

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

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

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



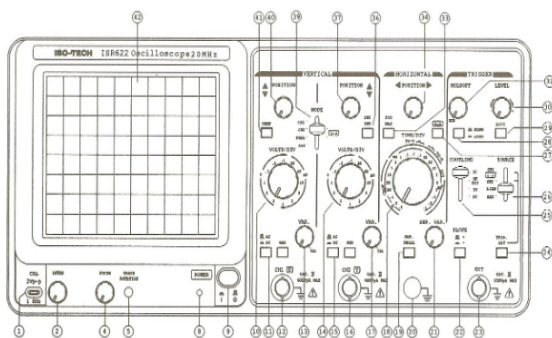
Oscilloscopio analogico collegato con uscita a 50 Ohm del Generatore di funzioni



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)	Di smiegato (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	(18)	0.5mSec/DIV
POSITION	(40)/(37)	Posizione intermedia	SWP UNCAL	(19)	Rilasciato
VOLTS/DIV	(10)/(14)	0.5V/DIV	POSITION	(34)	Posizione intermedia
VARIABLE	(13)/(17)	CAL (in senso orario)	X10 MAG	(33)	Rilasciato
AC-DC-GND	(11)/(15)	MASSA	X-Y	(27)	Rilasciato
SOURCE	(26)	Impostato su CH 1			
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	(18)	0,5mSec/DIV
POSITION	(40)(37)	Posizione intermedia	TIME/DIV	(18)	Rilasciato
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;
- 9) SOURCE (26): impostato su CH2 per trigger sincronizzato sul segnale sul terminale CH2 INPUT;
- 10) MODE (39): impostato su DUAL per visualizzare contemporaneamente i segnali sui terminali CH1 e CH2;
- 11) 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).



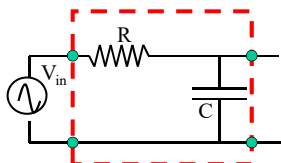
Impedenza Complessa

- Riprendiamo il circuito RC:

$$V_{in}(t) - RI - V_C = 0$$

$$\vec{V}_o = Ri_o e^{j\phi} + \frac{1}{j\omega C} i_o e^{j\phi}$$

$$= \left(R + \frac{1}{j\omega C} \right) i_o e^{j\phi}$$



- Quindi la variabile complessa che rappresenta la corrente è proporzionale alla variabile complessa che rappresenta la tensione; la costante di proporzionalità è un numero complesso, detto "impedenza del circuito".

$$Z = \left(R + \frac{1}{j\omega C} \right)$$

- In questo caso, l'impedenza del circuito è la somma delle impedenze di R e di C, perchè sono in serie.

Impedenza Complessa

- Legge di Ohm generalizzata: $\vec{Z}_R = R$ $\vec{Z}_C = \frac{1}{j\omega C}$

$$\vec{V} = \vec{Z} \vec{I}$$

- Se vogliamo la tensione ai capi del condensatore, ci ricorderemo ancora una volta del partitore e lo scriveremo per le impedenze:

$$\vec{V}_C = \frac{\vec{Z}_C}{\vec{Z}_C + \vec{Z}_R} \vec{V}_{in} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + R} \vec{V}_{in} = \frac{1}{1 + Rj\omega C} \vec{V}_{in}$$

- Se vogliamo la tensione ai capi della resistenza, avremo:

$$\vec{V}_R = \frac{\vec{Z}_R}{\vec{Z}_C + \vec{Z}_R} \vec{V}_{in} = \frac{R}{\frac{1}{j\omega C} + R} \vec{V}_{in} = \frac{Rj\omega C}{1 + Rj\omega C} \vec{V}_{in}$$

I circuiti RC e CR come filtri

- Quindi quando si prende l'uscita ai capi del condensatore, il circuito RC si comporta come filtro passa basso:



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

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

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

- Invece quando si prende l'uscita ai capi della resistenza, il circuito CR si comporta come filtro passa alto:



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

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

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