

OSCILLOSCOPIO



L'oscilloscopio permette di visualizzare l'andamento di un segnale elettrico nel tempo oppure la relazione temporale tra due segnali elettrici: consente quindi misure qualitative e quantitative di differenza di potenziale e di intervalli di tempo (*es. periodo di oscillazione del segnale in ingresso*).

OSCILLOSCOPIO

Questi strumenti di misura elettronici si possono dividere in due gruppi principali: Analogici e Digitali.

Gli oscilloscopi analogici lavorano applicando direttamente la tensione da misurare ad un raggio elettronico che si muove sullo schermo. La tensione deflette il raggio in senso verticale, in proporzione alla sua ampiezza, fornendo una rappresentazione immediata della forma d'onda.

L'oscilloscopio digitale campiona la forma d'onda e utilizza un convertitore analogico-digitale (CAD) per trasformare la tensione da misurare in informazioni digitali, informazioni che vengono successivamente utilizzate per ricostruire la forma d'onda sullo schermo

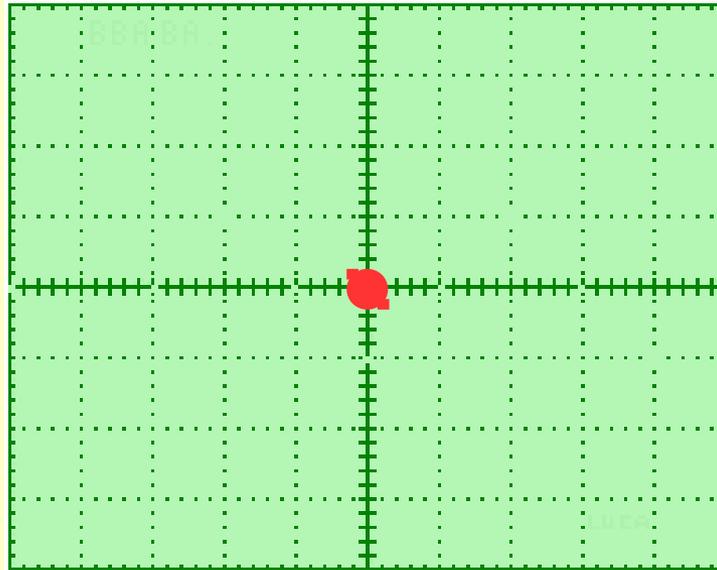
In laboratorio sono disponibili sia oscilloscopi analogici che digitali.

Banda passante → intervallo di frequenze osservabili

Può andare da $\nu = 0$ fino a $\left\{ \begin{array}{l} \nu \approx 250 \text{ MHz} \text{ per oscilloscopi analogici} \\ \nu \approx 1 \text{ GHz} \text{ per oscilloscopi digitali} \end{array} \right.$

Deflessione sullo schermo

CASO 1: ddp in ingresso nulla



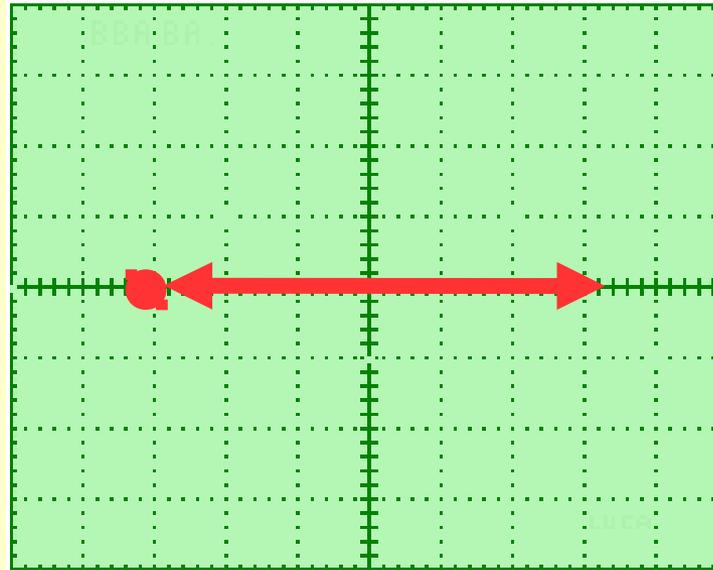
- Al centro dello schermo si determina un puntino luminoso, detto spot.

Deflessione orizzontale

CASO 2: ddp in ingresso nulla

Quando sull'asse orizzontale si applica una ddp costante, lo spot luminoso viene spostato orizzontalmente da sinistra verso destra.

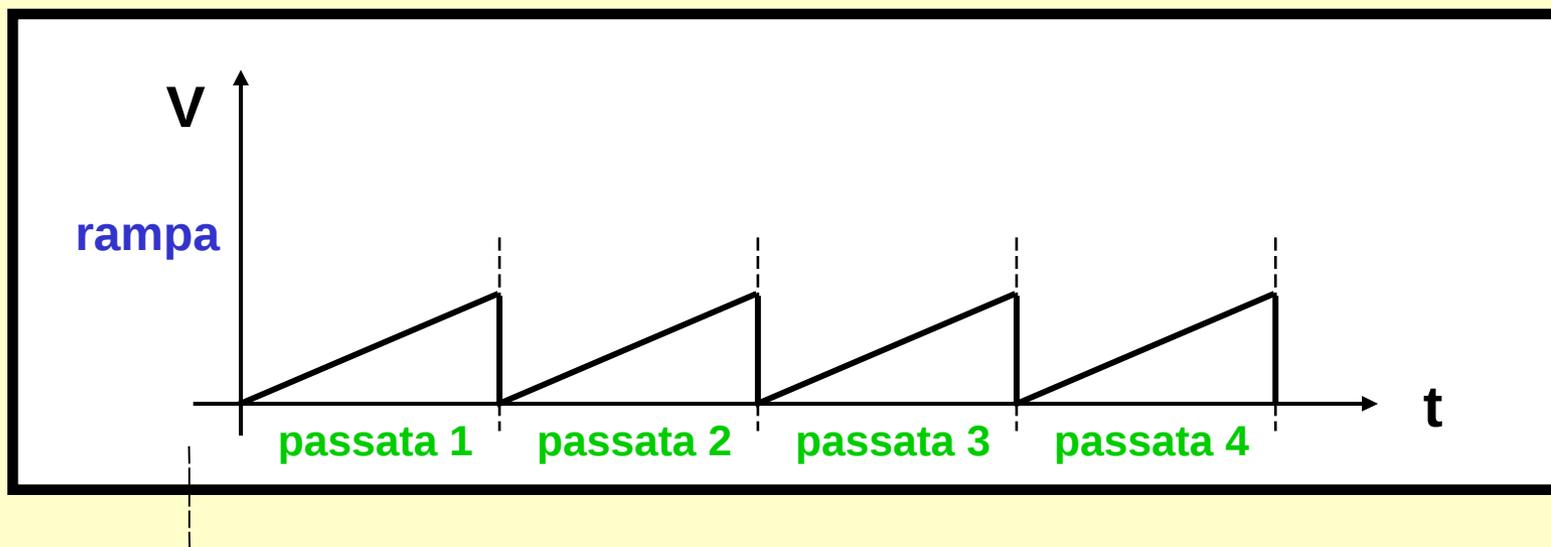
La deflessione visualizzata sullo schermo è proporzionale alla ddp applicata.



Nel normale utilizzo, il puntino luminoso si muove verso destra a velocità costante fino a raggiungere l'estremo dello schermo. Ritorna poi rapidamente nel punto di partenza e inizia una nuova scansione.

Applicando una rampa di tensione (dente di sega) alla deflessione orizzontale, il punto luminoso farà una scansione ripetuta dello schermo.

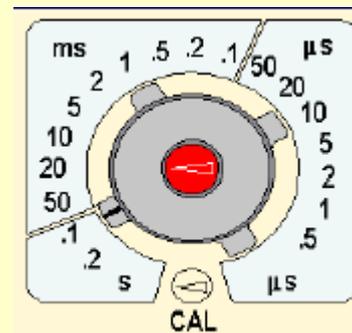
La velocità con cui si muove il punto luminoso sull'asse x è inversamente proporzionale al periodo del segnale di rampa; questo significa che il tempo in cui il punto luminoso percorre l'asse x corrisponde al periodo del segnale.



Per questo motivo, l'asse x è detto anche ASSE DEI TEMPI.

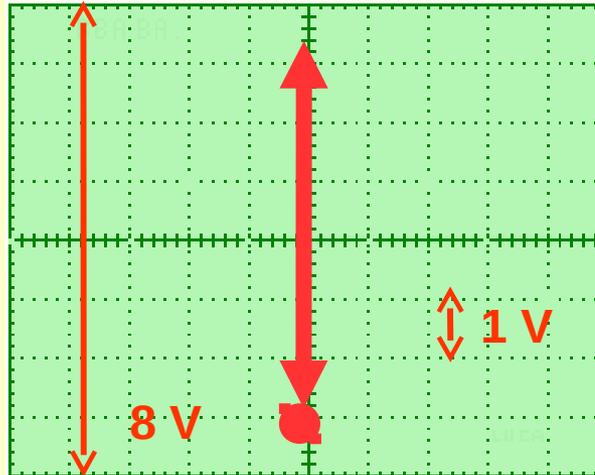
Per questo asse esiste un selettore che imposta la base temporale ossia quanto tempo vale una divisione dello schermo.

Ognuna di queste “passate” si chiama scansione.

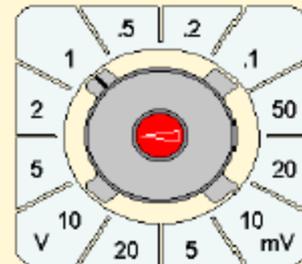


Deflessione verticale

L'applicazione di una ddp non nulla in ingresso produce la deflessione verticale dello spot luminoso



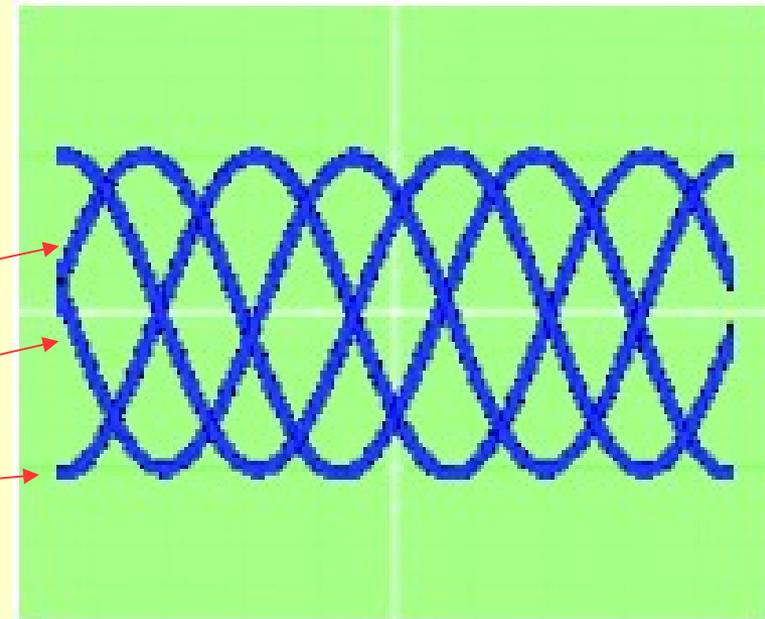
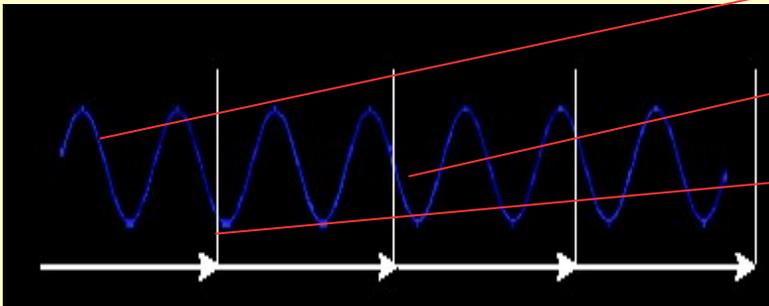
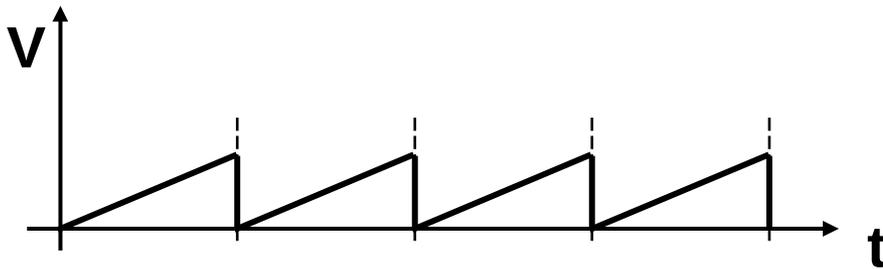
Segnale sinusoidale visualizzato sullo schermo: il puntino luminoso si muove di moto armonico. Questo segnale passa attraverso un amplificatore a guadagno regolabile tramite un apposito selettore che imposta il valore in Y di ogni divisione.



Deflessioni verticale e orizzontale

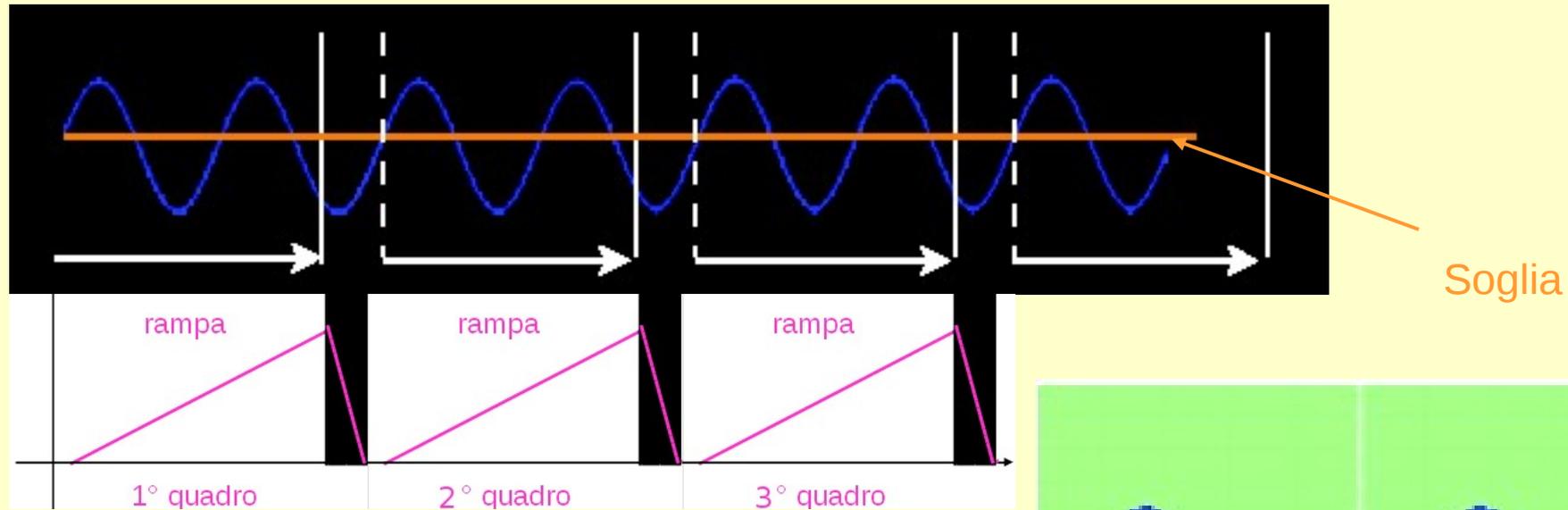
COMBINAZIONE DEI DUE MOTI

Supponiamo che siano attivi: sulla deflessione orizzontale il segnale a dente di sega (*riferimento temporale*) e sulla deflessione verticale un segnale sinusoidale. Si avrà che il segnale sull'oscilloscopio sarà una combinazione di un moto uniforme sull'asse x e di un moto armonico (cioè periodico) sull'asse y . Questo dovrebbe permettere di visualizzare l'andamento del segnale in funzione del tempo e di misurarne il periodo. Ma.....

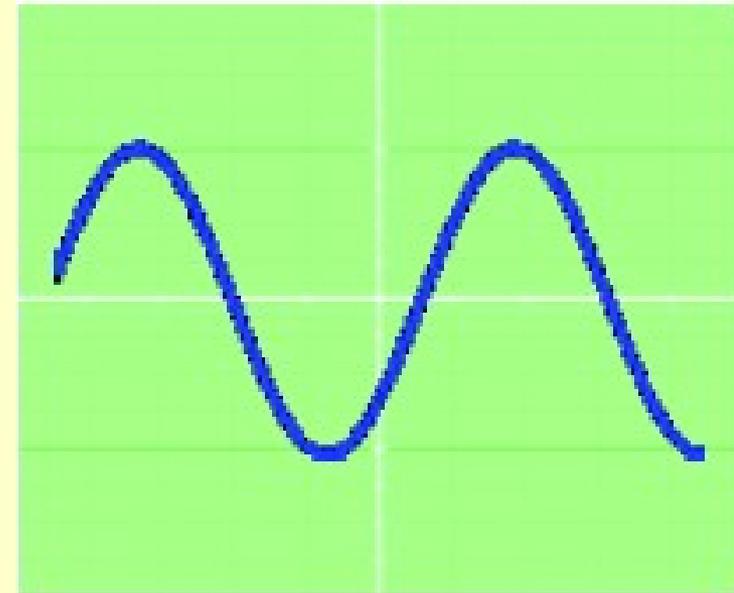


Trigger

Inizio della scansione orizzontale in corrispondenza dell'attraversamento da parte del segnale in ingresso di una tensione di soglia impostabile dall'utente, grazie ad un comparatore.



La scansione successiva inizia solo quando il segnale attraversa la tensione di soglia. In questa situazione si dice che il trigger è **agganciato** al segnale, o che il segnale è **triggerato** e si riesce ad avere una figura stabile sullo schermo



display

controllo del
segnale verticale
(input)

controllo del
segnale orizzontale

controllo
del trigger



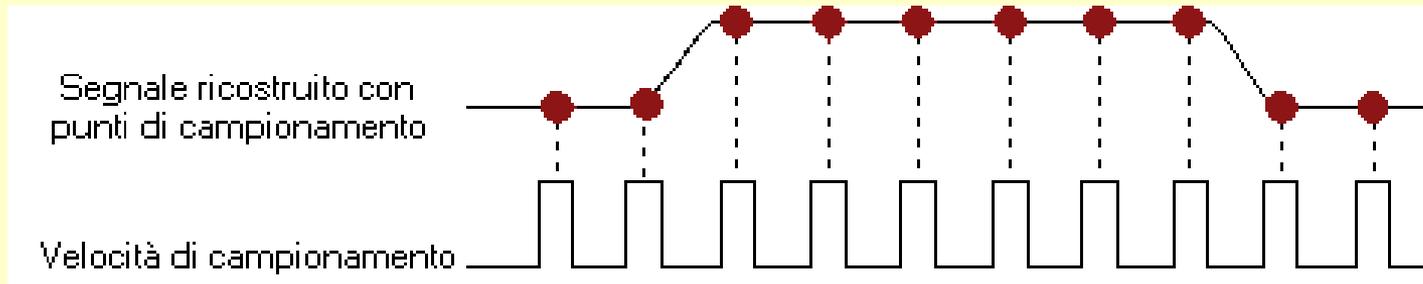
controllo del
display

input
esterno

trigger
esterno

Oscilloscopio Digitale

Possiede un sistema addizionale di processo dei dati che permette di immagazzinare il segnale in memorie di tipo digitale (**RAM**). Il segnale in ingresso subisce una conversione analogica/digitale (A/D) tramite un **campionamento**. La velocità di tale operazione (detta velocità di campionamento e viene indicata in campioni al secondo, ad es. 2 gigasample/s) determina la bontà di risoluzione dello strumento.



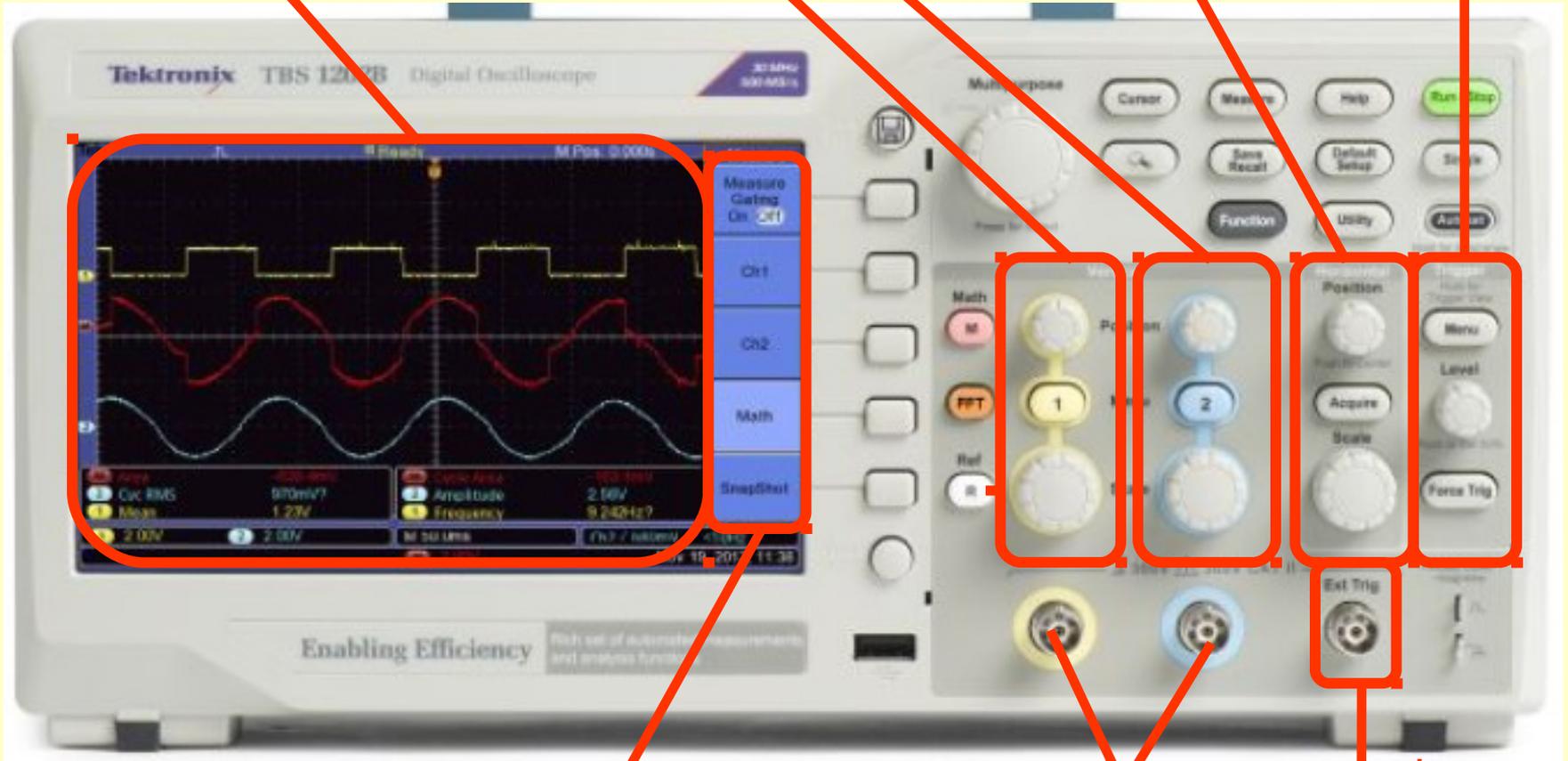
Il segnale viene quindi convertito in una sequenza di parole binarie, successivamente memorizzate nella memoria RAM. Da questa le si prelevano quando si desidera analizzare il segnale e le si inviano a un circuito di riconversione digitale/analogico (D/A) e da qui all'asse Y dell'oscilloscopio.

display

controllo del
segnale verticale
(input)

controllo del
segnale orizzontale

controllo
del trigger

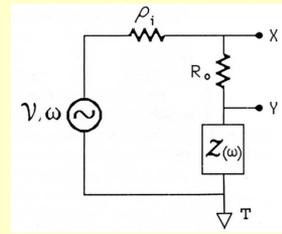


menu dei
comandi

input
esterno

trigger
esterno

Misura della frequenza di risonanza



Ottimizzazione della misura

La pendenza del segmento degenere dipende dall'amplificazione dei canali x e y dell'oscillografo. La massima sensibilità nella determinazione della frequenza di risonanza la si ha quando la pendenza è intorno a 45° .

Scelta di R_0

La condizione ottimale la si ottiene per $R_0 \gg Z(\omega)$ per ogni ω in quanto:

- v_y dà direttamente $Z(\omega)$ per ogni ω

- la valutazione di $Z(\omega_R)$ è tanto più precisa quanto più $v_y/v_x < 1$.

Infatti, essendo $v_y/v_x = Z(\omega) / [R_0 + Z(\omega)]$ e indicando con A il valore reale di v_y/v_x alla risonanza, si ha

$$Z(\omega_R) = R_0 A / (1 - A)$$

con incertezza relativa

$$\Delta Z(\omega_R) / Z(\omega_R) = \Delta R_0 / R_0 + \Delta A / [A(1 - A)]$$

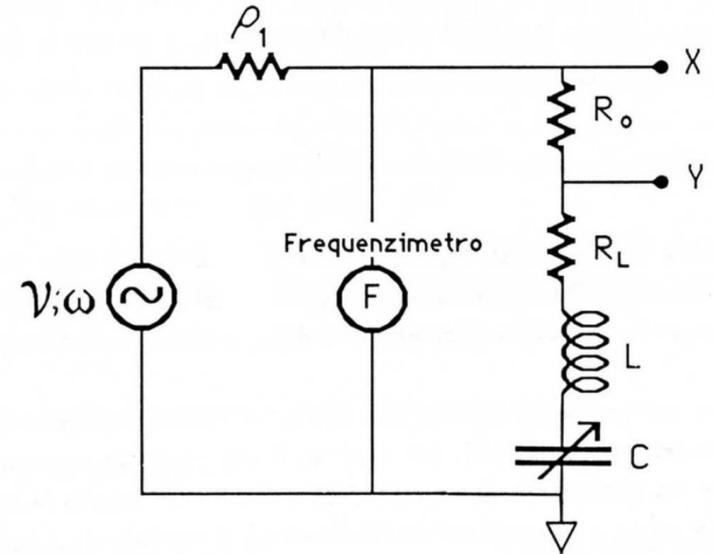
che, se si suppone $\Delta A / A$ costante, è tanto minore quanto più $A < 1$

Misura con risonante serie

Se C e R_0 sono noti, la determinazione, con i metodi descritti e con l'utilizzo di un frequenzimetro, della ω_0 di risonanza e di $A = v_Y/v_X$ permette di ricavare

$L = 1/\omega_0^2 C$ $R_L = Z(\omega_0) = R_0 A / (1 - A)$
e da queste il fattore di merito

$$Q_0 = \frac{1}{R_L} \sqrt{\frac{L}{C}}$$



Può succedere che l'ellisse non degeneri in un segmento ma in una figura a forma di cappio.

Questo è dovuto a distorsioni nella v_Y , causate da:

- generatore non perfettamente sinusoidale
- comportamenti non lineari in qualcuno dei componenti (ex. saturazioni nel nucleo della bobina L)

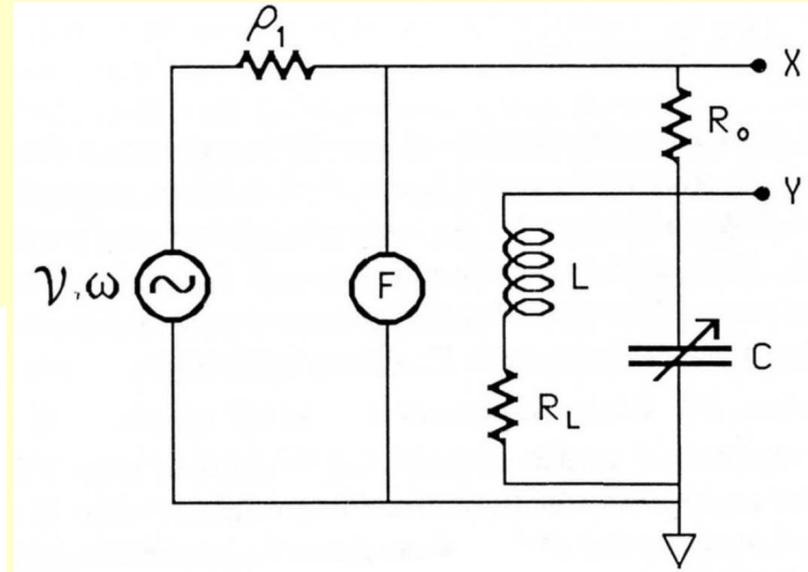
che si evidenziano alla risonanza in quanto a tale frequenza le componenti "normali" delle impedenze di L e C si cancellano e quindi rimangono quelle "anomale"

Misura con risonante parallelo

Noti C e R_0 , la misura di ω_R e $v_Y/v_X = A$ permette di determinare

$$Z_p = Z(\omega_R) = R_0 A / (1 - A) \quad \text{e quindi}$$

$$\begin{cases} \omega_R^2 = \frac{1}{LC} \left(1 - R_L^2 \frac{C}{L} \right) \\ Z_p = \frac{1}{R_L} \frac{L}{C} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} R_L = \frac{Z_p}{1 + \omega_R^2 C^2 Z_p^2} \\ L = \frac{C Z_p^2}{1 + \omega_R^2 C^2 Z_p^2} \end{cases}$$



In questo caso la misura di L è meno precisa in quanto dipende anche dall'incertezza su Z_p .

Per questo circuito le distorsioni alla condizione di risonanza sono molto meno evidenti in quanto è la parte “normale” dell'impedenza che non si cancella e domina rispetto a quella “anomala”.

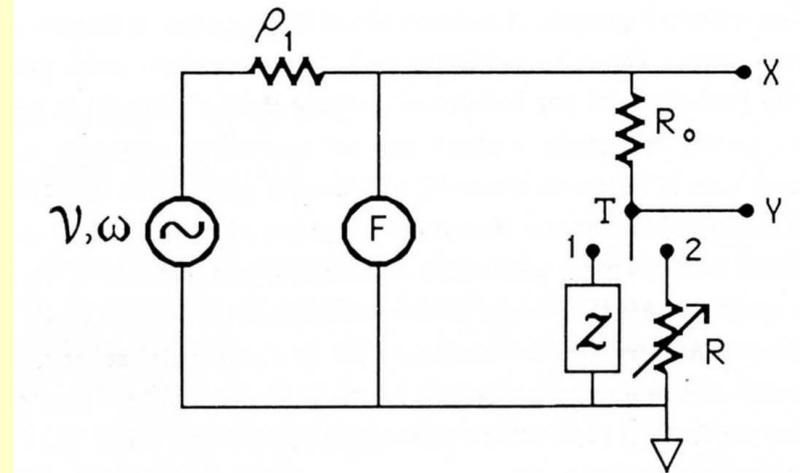
Inoltre, Z_p è massima alla risonanza e la condizione $R_0 \gg Z_p$ porta a valori elevati per R_0

Ottimizzazione misure

Influenza dell'oscillografo nelle misure:

- impedenza ingresso (1 M Ω , 25 pF)
- differente sfasamento tra i due canali (2°-3°, misurabile ma scomodo)
- incertezza nella calibrazione dei canali (3%)

Per ovviare a tali inconvenienti, conviene operare utilizzando il circuito accanto.



Trovata la condizione approssimativa di risonanza con il tasto in posizione 1 e l'oscillografo in modalità X-Y, si passa ad osservare il segnale all'ingresso Y in funzione del tempo, utilizzando il segnale prima inviato all'ingresso X come trigger esterno.

Variando il valore della capacità C si fa in modo che i due segnali visibili commutando il tasto da 1 a 2 siano in fase tra loro. Successivamente si può operare su R in modo da rendere i due segnali di pari ampiezza. In tal modo si riesce a ridurre drasticamente le incertezze di misura.

Risonante serie

TABULATO PRELIMINARE

MISURE CON CIRCUITI RISONANTI

GRUPPO	
DATA	
POSTO	

MISURE PRELIMINARI CON MISURATORE RLC

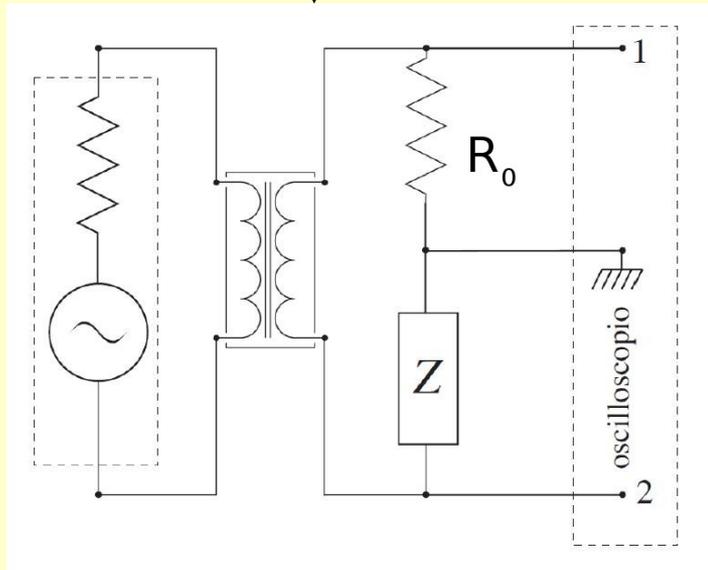
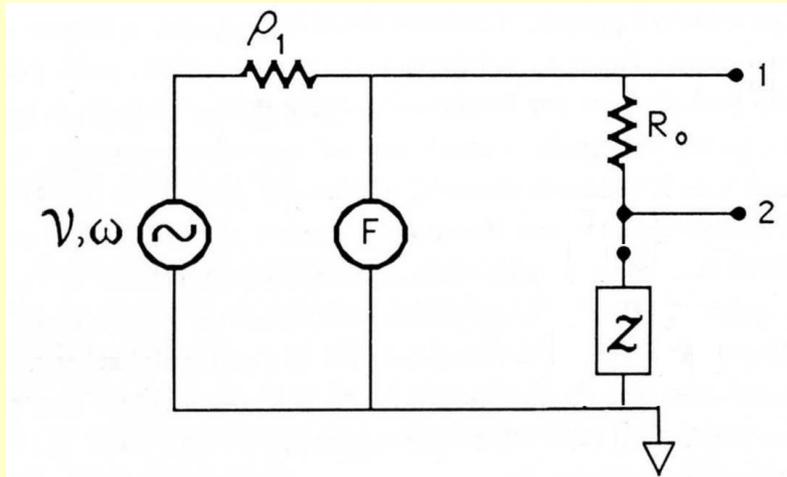
Misuratore utilizzato				
Misura R_{LX}	$R_{LX} =$		$\Delta R_{LX} =$	
Misura L_x	$L_x =$		$\Delta L_x =$	

STRUMENTI UTILIZZATI

GENERATORE TENSIONE		Frequenza f		Δf	
		Ampiezza V		ΔV	

OSCILLOSCOPIO	
RESISTORE R	
RESISTORE R01	
RESISTORE R02	
CONDENSATORE C	

Studio andamento impedenza



Circuito ottimizzato per lo studio dell'andamento in funzione della frequenza

L'inserimento del trasformatore permette di disaccoppiare le tensioni su R_0 (proporzionale a I) e su Z ($= IZ$) e di inviarle ai due canali dell'oscilloscopio

In tali condizioni per ogni frequenza si potrà ricavare $|Z| = |V_2| / (|V_1| / R_0)$ e $\varphi(Z) = \varphi(V_2) - \varphi(V_1) = \omega * \delta t$