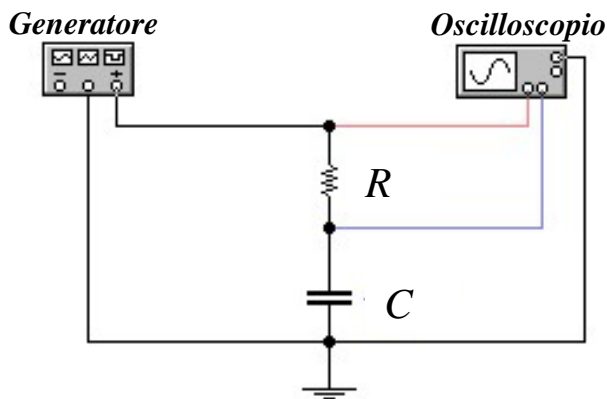


CARICA E SCARICA DI UN CONDENSATORE IN UN CIRCUITO RC E MISURA DI C

Lo scopo dell'esperienza è duplice:

- si vuole osservare, tramite l'uso dell'oscilloscopio, il comportamento di un circuito RC durante le fasi di carica e scarica del condensatore;
- variando il valore della resistenza R, attraverso la misura della costante di tempo $\tau = RC$ del circuito, si vuole determinare il valore della capacità C.

Nell'esperienza si dovrà montare il circuito seguente. Il circuito è alimentato da un

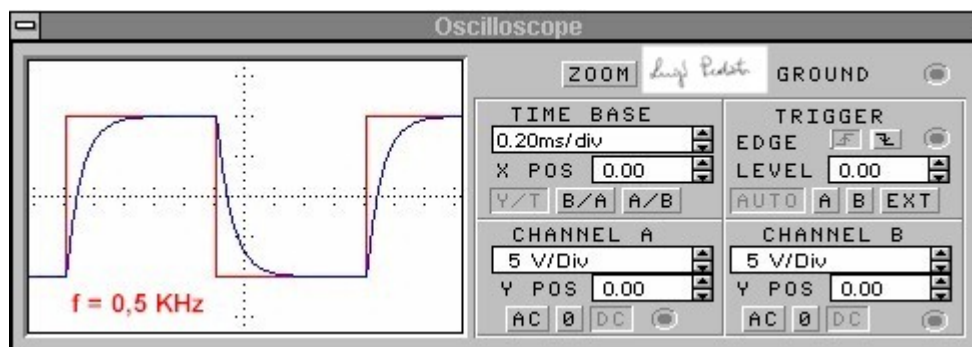


generatore che fornisce un'onda quadra la cui frequenza dovrà essere opportunamente calibrata in modo da rendere possibile (di volta in volta) il completamento delle fasi di carica e scarica del condensatore.

Allo stesso tempo i due canali dell'oscilloscopio permetteranno la visualizzazione della forme d'onda delle d.d.p., per esempio, ai capi della resistenza e della capacità (o alternativamente ai capi del generatore e della resistenza).

In questo modo si potrà studiare il comportamento del circuito osservando direttamente sul display dell'oscilloscopio l'andamento esponenziale delle d.d.p. ai capi di R e C.

In effetti, l'analisi di tali andamenti esponenziali permette la valutazione della costante di tempo τ del circuito.



Infatti, attraverso l'oscilloscopio si otterranno figure analoghe a quella qui schematizzata in cui la d.d.p. ai capi del condensatore è messa in display insieme a quella fornita dal generatore.

Se ricordiamo che, per esempio, nella fase di scarica del condensatore, la d.d.p. ai suoi capi segue la legge

$$V_C(t) = \frac{q(t)}{C} = V_{C,\max} e^{-\frac{t}{RC}} = V_{C,\max} e^{-\frac{t}{\tau}},$$

si ottiene che

$$V_C(\tau) = V_{C,\max} e^{-\frac{\tau}{RC}} = \frac{V_{C,\max}}{e}$$

Quindi, τ corrisponde all'intervallo di tempo nel quale la d.d.p. ai capi di C si riduce di un fattore $1/e$, o equivalentemente, al 36.79% del suo valore massimo $V_{C,\max}$.

Elaborazione dati

Ricavando quindi il valore di τ direttamente dal display dell'oscilloscopio, possiamo collezionarne una serie di valori al variare della resistenza R inserita nel circuito, e indicando con R_j, τ_j tali coppie di valori possiamo analizzarli tramite il metodo dei minimi quadrati analogamente a quanto fatto nella prima esperienza.

In effetti, dovendo essere $\tau_j = R_j C$, i punti sperimentali (τ_j, R_j) dovrebbero allinearsi su una retta di coefficiente angolare C . Perciò, procedendo in modo analogo a quanto visto nella trattazione dei dati della I^a esperienza, possiamo immediatamente scrivere che tale misure permetteranno di stimare il valore della capacità C , attraverso la seguente relazione

$$C = \frac{\sum_{j=1}^N \frac{R_j \tau_j}{\sigma_{\tau_j}^2}}{\sum_{j=1}^N \frac{R_j^2}{\sigma_{\tau_j}^2}}; \quad \sigma_C = \left(\sqrt{\sum_{j=1}^N \frac{R_j^2}{\sigma_{\tau_j}^2}} \right)^{-1}.$$

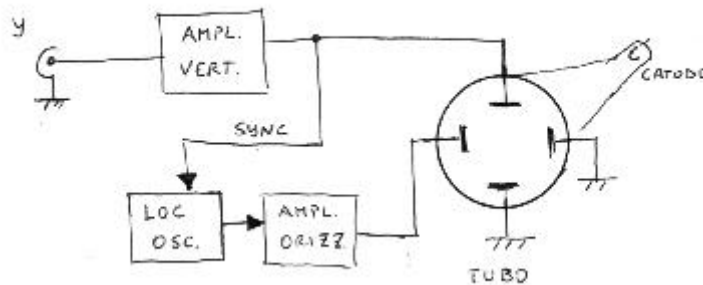
dove σ_{τ_j} corrisponde alla stima dell'errore di misura della costante di tempo j -esima effettuata sul display dell'oscilloscopio.

L'OSCILLOSCOPIO

L'Oscilloscopio e' lo strumento più noto e importante nell'uso quotidiano all'interno di un laboratorio. Esso ha ottenuto un così notevole successo nel passato poiché permette di visualizzare **come sono fatte realmente le forme d'onda**. Praticamente e' un dispositivo che visualizza una qualunque funzione tra due variabili, purché riconducibili a tensioni elettriche.

Nell'uso più comune l'Oscilloscopio effettua la presentazione sullo schermo dell'andamento nel tempo (asse x orizzontale) di una tensione elettrica (asse y verticale).

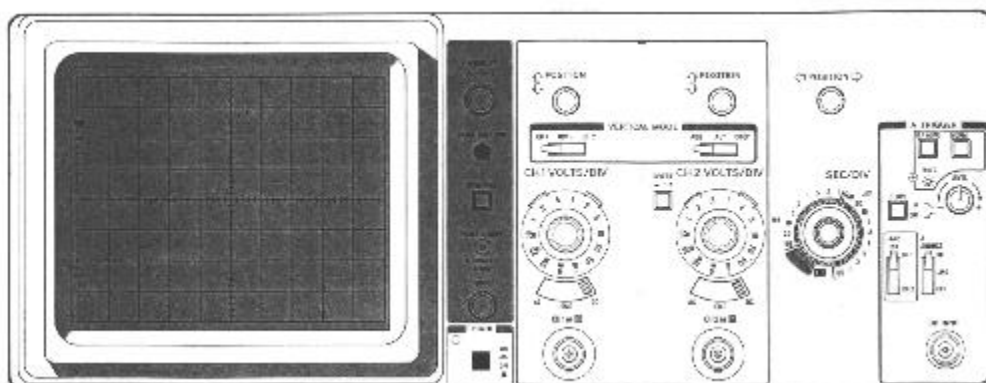
L'elemento essenziale dell'Oscilloscopio e' il tubo a raggi catodici (CRT), nel quale un fascio di elettroni emessi dal catodo, viene focalizzato e accelerato colpendo internamente lo schermo fluorescente del tubo. Il fosforo che riveste la parete interna del tubo produce un punto luminoso visibile. Il fascetto di elettroni viene deflesso sia in orizzontale che in verticale da una coppia di placche di deflessione, poste all'interno del collo del tubo e comandate da tensioni elettriche applicate ai loro capi.



Lo spostamento in senso orizzontale della traccia dello schermo e' prodotta da una tensione periodica a dente di sega, mentre il segnale all'ingresso Y genera il movimento in senso verticale in proporzione all'ampiezza della tensione applicata. In questa maniera, sincronizzando opportunamente l'oscillatore locale al segnale d'ingresso (purché periodico), a causa della persistenza della luce sulla retina dell'occhio, e' possibile vedere la rappresentazione della tensione elettrica nel dominio del tempo.

Il grafico rappresentato sullo schermo dell'Oscilloscopio può fornirci molteplici informazioni sul segnale quali:

- LA SUA FORMA
 - LA TENSIONE MASSIMA E MINIMA OVVERO L'ESCURSIONE PICCO-PICCO
 - IL PERIODO DELLA FORMA D'ONDA (E QUINDI LA FREQUENZA)
 - LA PRESENZA DI DISTORSIONI
 - LA PRESENZA DI DISTURBI E RUMORE
 - LA COMPONENTE CONTINUA E ALTERNATA DEL SEGNALE
- La figura sottostante mostra un tipico pannello frontale di un Oscilloscopio



I controlli di base sono:

- BRIGHT (LUMINOSITA') Regola la luminosità delle tracce.
- FOCUS (FUOCO) Mette a fuoco le tracce sul display.
- GRAT (GRIGLIA) Illumina la griglia del display.
- TRACE (TRACCIA) Seleziona la traccia da visualizzare.
- TRIGGER LEVEL (LIVELLO DI TRIGGER) Seleziona il livello del trigger.
- TRIGGER SOURCE (SORGENTE DEL TRIGGER) Seleziona la sorgente del trigger.
- TRIGGER MODE (MODO DEL TRIGGER) Seleziona come effettuare il trigger.
- SLOPE (PENDENZA) Seleziona il fronte sul quale effettuare il trigger.
- TIMEBASE (BASE TEMPORALE) Seleziona la velocità della scansione orizzontale.
- INPUT LEVEL (LIVELLO D'INGRESSO) Regola il livello d'ingresso.
- VERTICAL POSITION (POSIZIONE VERTICALE) Regola la posizione verticale della traccia sul display.
- ORIZZONTAL POSITION (POSIZIONE ORIZZONTALE) Regola la posizione della orizzontale della traccia sul display.

L'Oscilloscopio dispone di un connettore per ciascun canale d'ingresso, situato sul frontale dello strumento. In realtà esso dispone di ulteriori controlli, ma parleremo di essi più avanti nel documento.

BRIGHT (LUMINOSITA')

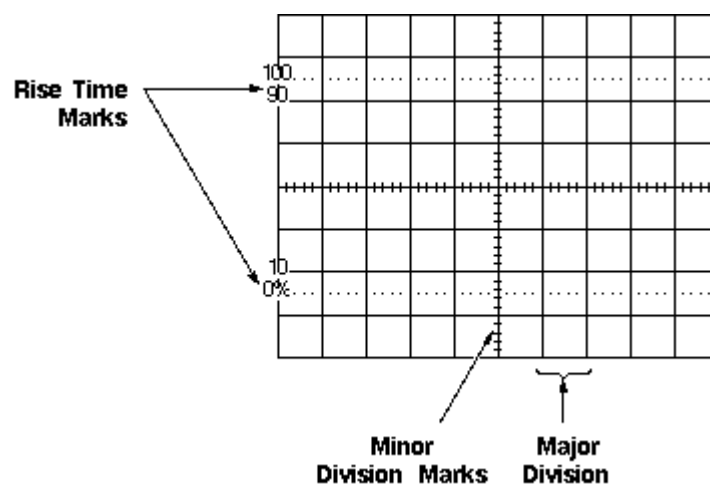
E' autoesplicativo. Esso regola l'intensità luminosa della traccia del display. Vale la pena ricordare che l'Oscilloscopio non dispone di un programma di SCREEN SAVER, per cui se lo lasciate acceso con alta luminosità per un lungo periodo di tempo, la traccia rimarrà stampata sul tubo a causa della bruciatura dei fosfori.

Quando usate l'Oscilloscopio regolare sempre la luminosità al minimo.

FOCUS (FUOCO)

Anche il controllo del fuoco e' autoesplicativo, ma molti oscilloscopi richiedono la regolazione del fuoco mentre visualizzano una forma d'onda.

GRAT (GRIGLIA)



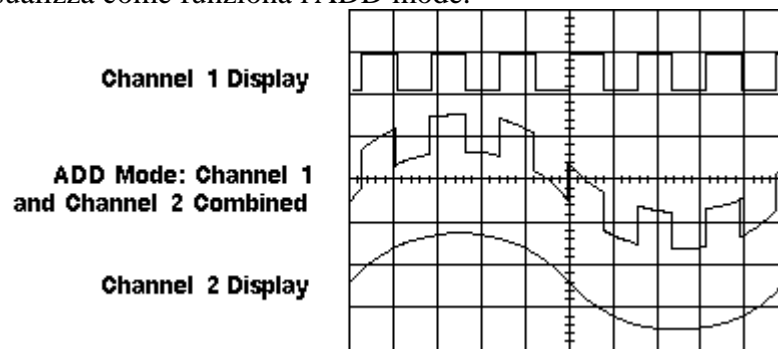
Questo controllo regola la luminosità della luce usata per illuminare la scala dell'Oscilloscopio. Questa e' normalmente un foglio di plastica trasparente poggiato sul tubo catodico che serve a visualizzare una griglia calibrata. Con l'uso di questa scala graduata, e' possibile misurare l'ampiezza dell'onda sull'asse verticale, e il periodo su quello orizzontale. Quando la manopola e' regolata al minimo la griglia diventa invisibile.

TRACE (TRACCIA)

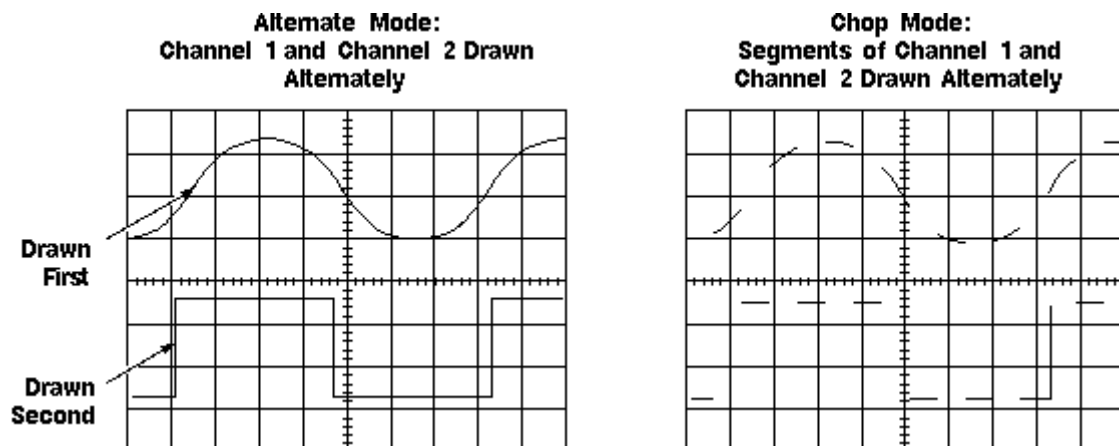
Mediante questa manopola e' possibile selezionare quale traccia visualizzare. Ci sono di norma due o piu' possibili opzioni:

- A - Visualizza solo la traccia A (canale singolo).
- B - Visualizza solo la traccia B (canale singolo).
- A+B - Visualizza ambedue le tracce (canale doppio).
- ADD - I due canali sono sommati e visualizzati come una singola traccia. Il secondo canale puo' anche essere invertito. In questo modo e' possibile visualizzare sia i segnali di modo comune che di modo differenziale.
- ALT - Modo ALTERNATE
- CHOP - Modo CHOPPED

La figura sottostante visualizza come funziona l'ADD mode.



Gli ultimi due modi

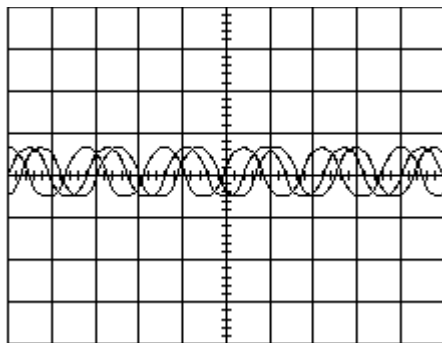


permettono di stabilire come visualizzare contemporaneamente le due tracce. Nel modo ALTERNATE viene visualizzata alternativamente una scansione la traccia A e l'altra scansione la traccia B. Tale modo e' utile per visualizzare segnali a frequenza elevata.

Nel modo CHOPPED, nella medesima scansione viene visualizzata un pezzetto di traccia A e un pezzetto di traccia B velocemente e alternativamente. Tale modo e' utile per visualizzare segnali a bassa frequenza.

TRIGGER LEVEL (LIVELLO DI TRIGGER)

Una traccia che visualizza una forma d'onda senza essere triggerata (sincronizzata) apparira' come lo schermo di un televisore che non ha il sincronismo orizzontale regolato correttamente (Vedi figura sottostante). Il trigger blocca la scansione orizzontale fino all'inizio della traccia. Cio' fa si che ogni scansione orizzontale inizia sempre nel medesimo punto dell'onda periodica e la fara' apparire stabile sul display. La manopola del livello di trigger e' usata per selezionare il punto della forma d'onda dal quale inizia la scansione orizzontale.



TRIGGER SOURCE (SORGENTE DEL TRIGGER)

Seleziona la sorgente del trigger. La maggior parte degli oscilloscopi possono essere triggerati sia sul canale A che sul canale B. Molti oscilloscopi possono ricevere il trigger da una sorgente esterna, in questo caso e' previsto un ingresso di TRIGGER addizionale sul pannello frontale.

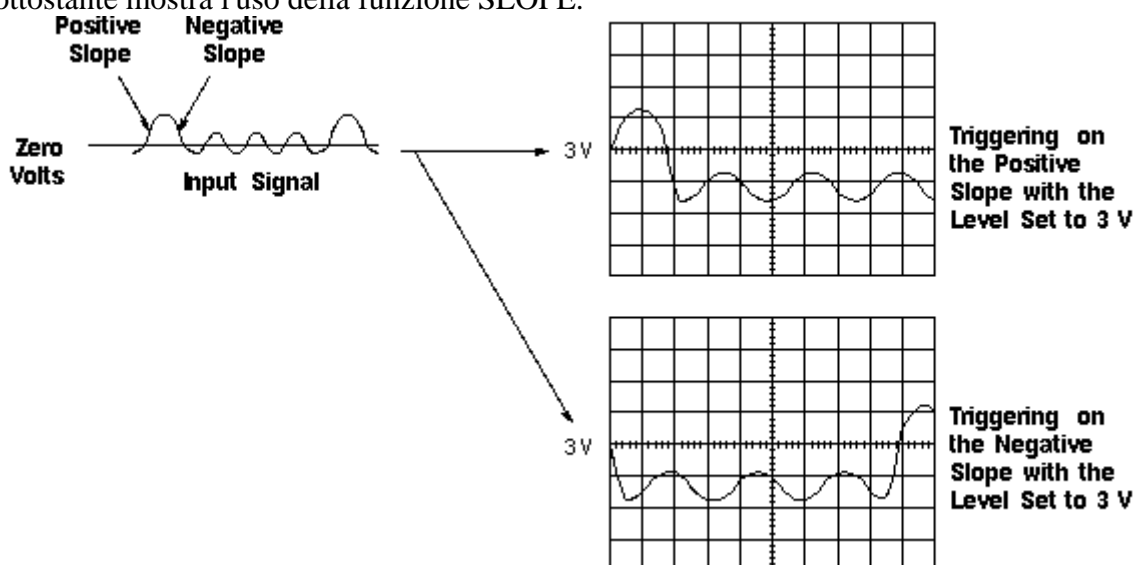
TRIGGER MODE (MODO DEL TRIGGER)

Il modo di trigger ha due posizioni: AUTO e NORM.

Nella posizione AUTO la scansione della traccia parte automaticamente anche se la forma d'onda non e' presente. Nella posizione NORM la scansione parte soltanto quando la forma d'onda e' perfettamente triggerata.

SLOPE (PENDENZA)

Il selettore SLOPE seleziona su quale fronte (di salita o di discesa) triggerare la forma d'onda. La figura sottostante mostra l'uso della funzione SLOPE.



TIMEBASE (BASE TEMPORALE)

La velocita' del punto luminoso sull'asse orizzontale puo' essere regolata con il selettore TIMEBASE. Questo ha la scala calibrata in secondi (S/Div), millisecondi (mS/Div), microsecondi (uS/Div) per divisione.

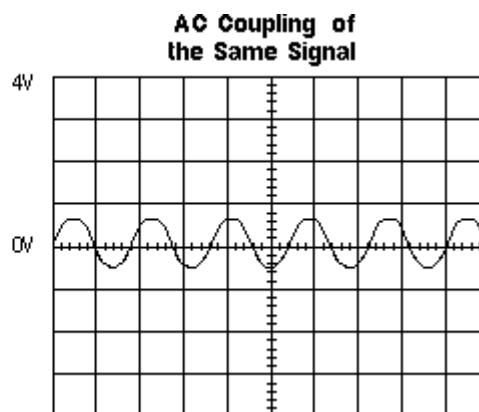
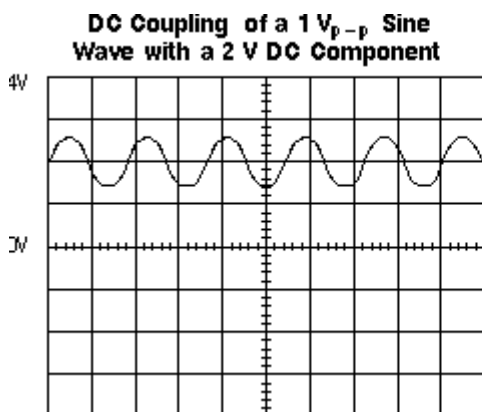
INPUT LEVEL (LIVELLO D'INGRESSO)

Il selettore input level serve a regolare il livello d'ingresso di ciascun canale in maniera che possa entrare nello schermo. Il selettore e' calibrato in Volts per divisione (V/Div).

VERTICAL POSITION (POSIZIONE VERTICALE)

Regola il livello in continua sull'asse verticale per una visualizzazione migliore. Qualora il segnale viene misurato in DC e dispone di una forte componente continua, esso sparira' dallo schermo. Mediante tale controllo, e' possibile riportare la traccia nell'area visibile *compensando* tale componente continua.

La figura sottostante mostra come usare il controllo di posizione verticale azzerando la componente continua del segnale.

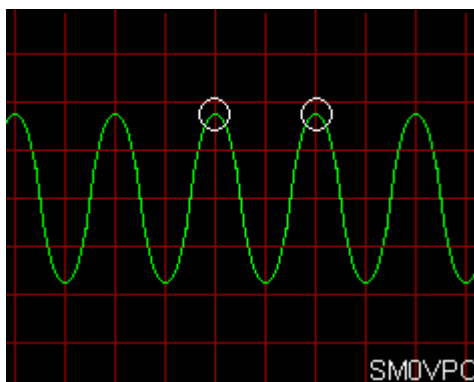


ORIZZONTAL POSITION (POSIZIONE ORIZZONTALE)

Sposta l'inizio della scansione sullo schermo muovendo la forma d'onda in direzione orizzontale.

ESEMPIO DI UTILIZZO

Come esempio, collegate un filo elettrico all'ingresso A e toccate il conduttore centrale con le dita. Vedrete del rumore a 50 Hz della rete elettrica, captato dal vostro corpo che funzionerà come un'antenna. Ora regolate la base tempi a 10mS/Div e regolate il livello d'ingresso del canale A. Dovreste vedere una forma d'onda simile a quella mostrata nella figura sottostante.



Scegliere come sorgente di trigger il canale A. Regolare la manopola di TRIGGER lentamente avanti e indietro finché la forma d'onda non appare stabile sul display. Se il controllo di TRIGGER dispone della posizione AUTO, selezionatela e sarà più facile la regolazione del trigger.

La forma d'onda che vedrete non avrà un *aspetto pulito* come quello della figura di sopra, ma risulterà leggermente distorta. Ciò è dovuto a molteplici cause principalmente perché state captando dei segnali spuri irradiati da apparecchi elettrici come TV, lampade fluorescenti ecc. Tutte queste sorgenti introducono della distorsione sul segnale in oggetto.

Se concentriamo ora la nostra attenzione sulla figura precedente e la usiamo come esempio, (e' più comodo della traccia dell'oscilloscopio), possiamo notare che i due picchi consecutivi dell'onda capitano proprio su due linee verticali rosse. Poiché la base tempi è stata fissata in 10 mS/Div, il punto luminoso impiega 20 mS per percorrere due divisioni. Il PERIODO della forma d'onda risulta pari a 20 mS (ovvero 0,02). La FREQUENZA sarà pari a 1 diviso 0,02 = 50 Hz.

Se guardiamo la scala verticale, la linea centrale corrisponde a 0 Volts e la traccia si muove di 1,8 divisioni sia sopra che sotto. Poiché il livello d'ingresso è settato a 1 Volt/div, il segnale d'ingresso avrà un'escursione di 1,8 v+ 1,8 v = 3,6 volts PICCO-PICCO. Ciò equivale a 3.6v per 0,35 = (circa) 1,2 volts RMS (efficaci), come quello che misurereste con un voltmetro.

In questa maniera, potete misurare con buona approssimazione la FREQUENZA e l'AMPIEZZA di una forma d'onda periodica.