

INTRODUZIONE ALL'UTILIZZO DI UN OSCILLOSCOPIO ANALOGICO

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

L'oscilloscopio è comunemente considerato lo strumento principale per ottenere una vasta gamma di misure realizzabili in modo pratico e rapido; chi lo utilizza dispone contemporaneamente, infatti, di vari sistemi di misura concentrati in un unico banco di lavoro e con un'unica semplice disposizione di pochi terminali di misura.

Con tutto ciò l'oscilloscopio comporta però una tipica difficoltà: richiede la regolazione attenta di circa venti o trenta comandi che l'operatore deve conoscere a fondo e maneggiare con cura, interpretando le tracce luminose che compaiono sullo schermo.

Non è difficile comunque apprendere le nozioni fondamentali e le regole pratiche necessarie all'impiego dell'oscilloscopio; con un minimo di teoria, con l'esercizio del buon senso e l'esperienza che viene dal lavoro, anche un tecnico elettronico di modesto livello può sfruttare le possibilità offerte da un moderno oscilloscopio e ricavarne notevoli vantaggi per il proprio lavoro.

L'uso di questo strumento non richiede, infatti, all'operatore un grosso bagaglio di cultura generale; in sostanza occorre acquisire solo delle semplici considerazioni teoriche - pratiche, spesso di tipo intuitivo.

Obiettivo di questi appunti è proprio quello di fornire, in modo stringato e essenziale, le nozioni base rivolte all'impiego di quei venti o trenta comandi presenti in un oscilloscopio.

Naturalmente non sono stati trattati tutti gli oscilloscopi presenti in commercio, ma ci si è limitati a un modello destinato all'analisi di forme d'onda periodiche o ripetitive; questo tipo di strumento risolve d'altra parte almeno il settanta per cento dei problemi che assillano il tecnico elettronico e la quasi totalità di quelli che riguardano le radioteleriparazioni, l'Hi-Fi, ed i vari interventi di riparazione esterna *on field* (sul posto).

Come riferimento si è scelto l'oscilloscopio Trio-Kenwood CS-1021; quanto esposto vale comunque pure per la maggior parte degli oscilloscopi analogici presenti sul mercato, ormai da tempo uniformati come comandi e relative diciture.

IL TUBO A RAGGI CATODICI

Il tubo a raggi catodici è il componente fondamentale dell'oscilloscopio; ad esso spetta infatti il compito di trasformare i segnali elettrici applicati ai suoi elettrodi in una o più tracce luminose su di uno schermo piano.

Ogni tubo a raggi catodici è composto di tre parti fondamentali, rappresentate in figura 1:

- un insieme di elettrodi, che costituiscono il cosiddetto **cannone elettronico** (*electronic gun*), che produce e focalizza un sottile pennello di elettroni;
- un **sistema di deflessione**, realizzato con due coppie di elettrodi detti "placchette di deflessione" (P_y e P_x), che, per azione elettrostatica, provvede a deviare il pennello di elettroni;
- un'**ampolla di vetro** speciale che contiene e blocca meccanicamente gli elettrodi fin qui considerati ai punti precedenti.

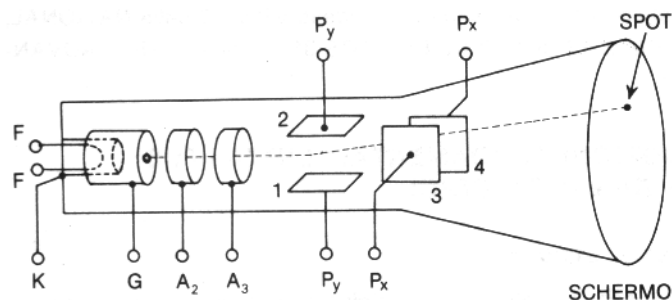


Figura 1

Dal punto di vista funzionale il tubo a raggi catodici opera come *tubo a vuoto* poiché, per permettere il libero percorso degli elettroni, in esso viene praticato un vuoto spinto con una pressione residua dell'ordine di 10^{-7} mm. di mercurio.

Da un lato l'ampolla termina in uno zoccolo a più piedini, mentre nel lato opposto, dopo un'espansione tronco-conica, è realizzato lo **schermo**; questo è caratterizzato dal presentare una sottile pellicola di sostanza fluorescente, il **fosforo**, stesa uniformemente sulla superficie interna e precisamente sulla base tronco-conica dell'ampolla di vetro.

È su questo schermo che vanno ad urtare gli elettroni prodotti e focalizzati dal cannone elettronico; se le placchette di deflessione sono a potenziale zero il pennello elettronico non è deviato dal suo percorso rettilineo e va a colpire il centro dello schermo producendo un puntino luminoso (*spot*).

Se invece le placchette P_y e P_x sono opportunamente alimentate con dei segnali di andamento variabile nel tempo, la traiettoria degli elettroni è modificata ed essi vengono a definire una *traccia* ben visibile sullo schermo; questa, con la sua luminosità da fluorescenza, consente così l'osservazione di una figura che può permettere di studiare l'andamento di una grandezza elettrica (in particolare una tensione).

Impiegando appositi *trasduttori* si possono poi trasformare altre grandezze (ad esempio meccaniche) in grandezze elettriche che, se rivelate dal tubo a raggi catodici, consentiranno così lo studio appunto di vibrazioni, deformazioni ecc.

IL CANNONE ELETTRONICO

Come si può rilevare dalla figura 1, è costituito da una serie di elettrodi (K, G, A2, A3), disposti l'uno dopo l'altro lungo il percorso degli elettroni.

Un filamento F, portato ad alta temperatura, riscalda il catodo K che, grazie all'energia ricevuta sotto forma di calore, può emettere elettroni per effetto termoelettrico.

Regolando tramite un potenziometro la polarizzazione della griglia G, è possibile variare il flusso di elettroni in uscita dal cannone elettronico; in questo modo la modifica dell'intensità del fascetto di elettroni avrà come conseguenza la maggiore o minore intensità luminosa della traccia sullo schermo.

Gli elettroni in grado di oltrepassare la griglia verranno poi accelerati da parte di un certo numero di anodi; di questi ultimi il tubo a raggi catodici ne possiede tre (A1, A2 e A3) operanti a tensioni diverse (figura 2), e forati internamente in modo da permettere il passaggio del flusso di elettroni.

Per effetto delle tensioni diverse a cui operano A2 ed A3 si ha una azione elettrostatica che, in pratica, consente la **focalizzazione** del pennello elettronico (figura 3), e cioè la sua concentrazione sullo schermo in una piccola area ben definita al fine di provocare un punto luminoso altrettanto ben definito e senza aloni.

Dalla stessa figura si può anche notare come questi elettrodi siano realizzati in modo da eliminare tutti quegli elettroni che, per qualsiasi motivo, divergono dalla traiettoria lineare.

La focalizzazione è graduata, in modo del tutto simile a quanto visto per il potenziale della griglia, regolando con un potenziometro la tensione che alimenta A2.

Poiché i due elettrodi G ed A2 possono interagire elettrostaticamente fra loro, nel senso che una regolazione di G può alterare la focalizzazione ottenuta con la polarizzazione di A2, si rimedia interponendo fra i due un altro elettrodo acceleratore A1 a potenziale fisso (figura 2).

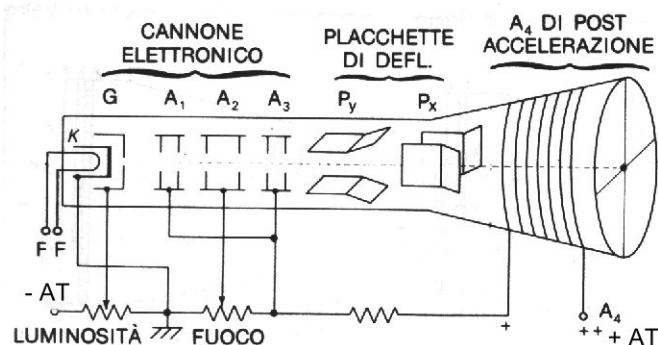


Figura 2

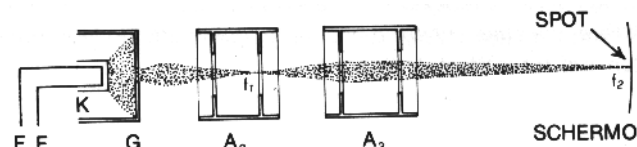


Figura 3

IL SISTEMA DI DEFLESSIONE

È costituito da due coppie di **placchette di deflessione**:

- una coppia disposta orizzontalmente, **Py**, comanda lo spostamento in senso verticale del pennello elettronico;
- l'altra coppia, **Px**, successiva lungo il percorso degli elettroni e disposta verticalmente, comanda lo spostamento in senso orizzontale degli elettroni del fascetto.

Entrambe queste coppie di placchette vanno alimentate con tensioni di deflessione, prodotte da opportuni amplificatori, operanti in *controfase* e cioè simmetriche rispetto a terra.

LO SCHERMO DEL TUBO A RAGGI CATODICI

Una sottile pellicola di materiale fosforescente riveste dal lato interno la parte terminale dell'ampolla; quando gli elettroni colpiscono questa superficie accadono due fenomeni fisici egualmente importanti:

- la formazione di una luminescenza nel punto di impatto per effetto della eccitazione delle sostanze fosforescenti dello schermo (dette appunto **fosfori**).
- la generazione di raggi X a causa dell'eccitazione degli atomi che compongono le molecole dei materiali costituenti lo schermo (fosfori e soprattutto il vetro).

Per limitare la propagazione dei raggi X fuori dal tubo a raggi catodici si fa uso di speciali vetri cosiddetti *al piombo* che si presentano come sensibilmente opachi alle radiazioni X¹.

Seguendo la deflessione, gli elettroni del pennello elettronico percorrono continuamente lo schermo del tubo lungo la traccia luminosa che vi compare; perché questa visione si presenti in modo stabile occorre che si abbia una certa **persistenza** della fosforescenza sullo schermo: in pratica bisogna che durante il tempo necessario a due passaggi del pennello sullo schermo la luminosità resti praticamente invariata.

I fosfori impiegati per gli schermi dei tubi si caratterizzano per una propria persistenza che viene definita come *il tempo impiegato perché la luce emessa decada al 10% del valore iniziale*.

A seconda delle sostanze fosforescenti adottate per la realizzazione degli schermi si hanno sia diverse colorazioni della luce emessa (dal bianco, al giallo-verde, all'azzurro) sia diverse persistenze della luce sullo schermo.

Queste diverse persistenze (*bassa* se il tempo di decadimento è di $10^{-5} \div 10^{-6}$ secondi, *media* se è di $10^{-1} \div 10^{-3}$ secondi ed *alta* se è da un decimo di secondo a qualche secondo), vengono scelte ovviamente secondo le velocità di scansione e quindi delle frequenze più o meno alte cui è destinato l'oscilloscopio.

In particolare, se i fenomeni da esaminare sono di notevole periodo o tempo di ripetizione, sarà necessario un'alta persistenza delle tracce sullo schermo; al contrario, se si effettua la ripresa fotografica o cinematografica delle tracce, il tempo di persistenza dovrà essere ridottissimo.

I fosfori più comunemente utilizzati sono:

- il P31, caratterizzato da una persistenza medio-corta (non superiore a 1 msec.), da una notevole luminosità di colore verde (colore che consente la massima sensibilità per l'occhio umano), e da una elevata resistenza alla "bruciatura"²;
- il P7, avente una persistenza lunga (circa 300 msec.) e colore giallo-verde.

1

2 Non questo termine si definisce uno stato di perdita di luminosità per effetto del surriscaldamento locale di un punto dello schermo quando è continuamente eccitato.

LA POST ACCELERAZIONE

Le migliorie continuamente apportate ai circuiti dell'oscilloscopio hanno permesso progressivamente, specie tra gli anni '60 e '70, la visione di forme d'onda di frequenza sempre più elevata e di andamento sempre più complesso, spesso accompagnate da transizioni estremamente rapide e tempi di salita, conseguentemente, di qualche nanosecondo.

L'incremento della rapidità con cui il pennello elettronico si muoveva sullo schermo determinava però un calo della luminosità della traccia, in quanto veniva a ridursi drasticamente il tempo di eccitazione del fosforo dello schermo.

Un miglioramento di luminosità poteva essere ottenuto aumentando la tensione dell'elettrodo A3 (figura 2), e per conseguenza la velocità e quindi l'energia cinetica di urto degli elettroni del fascetto contro i fosfori del tubo.

Purtroppo ad ogni aumento di velocità degli elettroni corrispondeva una minore sensibilità del sistema di deflessione costituito dalle due coppie di placchette Py Px: più veloci divenivano gli elettroni e maggiori, ovviamente, dovevano divenire le tensioni di deflessione applicate alle placchette.

Queste due esigenze contrastanti hanno portato così ad un'innovazione tecnologica: il tubo a raggi catodici con **tensione di post accelerazione**.

Si decise, infatti, di accelerare ulteriormente gli elettroni del pennello elettronico *solo dopo la deflessione* in modo da non provocare diminuzioni della sensibilità di deflessione del tubo a raggi catodici.

Come indicato in figura 2, uno speciale elettrodo è stato quindi inserito lungo la superficie interna della sezione tronco-conica terminale del tubo: del materiale ad alta resistenza ($50 \div 300 \text{ M}\Omega$ complessivi), viene infatti distribuito lungo la superficie interna con un andamento spiraliforme.

Questo materiale resistivo realizza così una delle resistenze che compongono il partitore di alimentazione, producendo una distribuzione di potenziali di **post-accelerazione** con la stessa simmetria cilindrica degli altri elettrodi del tubo.

Si possono in pratica utilizzare così anche tensioni di accelerazione da 1.000 a $15 \div 18.000 \text{ Volt}$ (2 KVolt nell'apparecchio Trio - Kenwood CS 1021) senza alcuna diminuzione nella sensibilità di deflessione; questa anzi può addirittura venire ora aumentata riducendo la tensione di alimentazione di A3.

I moderni tubi a raggi catodici con tensione di post accelerazione permettono oggi la visione anche dei fenomeni più complessi e più rapidi, ed è così che si è arrivati ad oscilloscopi che permettono la visione di tempi di salita anche inferiori al nanosecondo.

LO SCHERMAGGIO DEL TUBO A RAGGI CATODICI

Il tubo a raggi catodici genera, con il pennello elettronico, una corrente elettrica che per la sua natura è soggetta non solo ai campi magnetici elettrici generati nel tubo ma pure ai campi elettrici e magnetici esterni al tubo stesso.

È quindi necessario schermare il tubo a raggi catodici da questi campi che possono provenire dall'esterno ma anche dai circuiti stessi, specie di alimentazione, dell'oscilloscopio; si provvede con un tubo metallico, sagomato opportunamente, che avvolge il tubo a raggi catodici; esso viene in genere realizzato con lamierino metallico ad alta permeabilità magnetica.

Anche questo schermaggio non sottrae però del tutto il tubo a raggi catodici all'influenza del campo magnetico terrestre; questo non solo è sempre presente, ma può variare come intensità da un punto all'altro del nostro pianeta.

È necessario quindi prevedere anche una compensazione delle variazioni di questo campo residuo che hanno l'effetto di introdurre una sia pur modesta rotazione nella traccia sullo schermo.

Si provvede generando, esternamente al tubo e con un avvolgimento di poche spire, un campo magnetico di polarità opposta a quello terrestre di disturbo e regolandone l'intensità con una corrente continua stabilizzata che viene fatta scorrere in questo circuito magnetico.

Si tratta di una regolazione di tipo semifisso che è effettuata solo inizialmente e che si ripete quando l'oscilloscopio, viaggiando con l'operatore, subisce dei trasferimenti a notevole distanza l'uno dall'altro sulla superficie terrestre.

I SEGNALI DELL'OSCILLOSCOPIO

Tramite l'aiuto della figura 4 si cercherà di illustrare, a grandi linee, cosa avviene all'interno dell'oscilloscopio e quali segnali vengono prodotti dal momento in cui una tensione da visualizzare viene applicata alla sua entrata.

Il segnale d'ingresso è di solito di livello piuttosto basso per poter essere applicato direttamente alle placchette di deflessione; esso è quindi elevato come ampiezza da una serie di stadi di amplificazione l'ultimo dei quali, come si può notare in figura, fornisce la tensione di comando, in controfase, delle placchette Py.

Prima però di giungere ad esse il segnale transita in una **linea di ritardo** che ha il compito di ritardare appunto nel tempo la deflessione verticale: il perché di questo ritardo lo si può ricavare come segue dal funzionamento dell'oscilloscopio.

Perché la traccia possa comparire sullo schermo è necessario che il pennello elettronico sia deflesso anche in senso orizzontale, tramite un segnale in qualche modo in relazione lineare con il tempo; questa tensione, detta a **dente di sega**, sposta progressivamente nel tempo il fascetto di elettroni da sinistra a destra sullo schermo.

Occorre però che l'inizio di questa deflessione sia comandato dal segnale in ingresso all'oscilloscopio; quando il livello del segnale raggiunge un determinato valore (A in figura), entra in funzione il **circuito di trigger**: questo è lo stadio predisposto per dare il via alla scansione con il segnale a denti di sega.

Il circuito di trigger produce, a sua volta, un piccolo impulso negativo che avvia il funzionamento del **sistema di generazione per l'asse tempi**; questo blocco effettivamente genera il dente di sega, rappresentato in figura 4 in uscita da questo stadio di lavoro, che comanda la deflessione esercitata dalle placchette Px.

Il sistema di generazione a sua volta emette un segnale che toglie la tensione d'interdizione alla griglia del tubo a raggi catodici; questa tensione, in assenza di segnale in entrata all'oscilloscopio, blocca l'emissione del pennello di elettroni.

Da questo momento può quindi cominciare a comparire sullo schermo la traccia luminosa.

Per tutte queste operazioni occorre però un certo tempo, indicato in figura con P, valutabile in circa un decimo di microsecondo.

Per di più, affinché il circuito di trigger possa discriminare l'opportuno livello del segnale di ingresso per il quale comandare la partenza del dente di sega, deve passare dell'altro tempo dall'inizio della forma d'onda in esame, tempo che sommato a P ne dà uno complessivo, indicato con Q in figura, che si aggira mediamente sui 0.25 μsec .

È con questo tempo appunto che agisce la linea di ritardo sul segnale verticale; se questa non fosse presente, la scansione non permetterebbe mai la visione del tratto iniziale della forma d'onda in esame.

Come si può notare l'oscilloscopio rimane composto in sostanza da quattro parti in tutto:

- un amplificatore verticale con linea di ritardo;
- un circuito di trigger;
- un generatore di scansione orizzontale con relativo amplificatore;
- un tubo a raggi catodici.

Il loro funzionamento ed i relativi comandi saranno oggetto di spiegazione nei capitoli successivi.

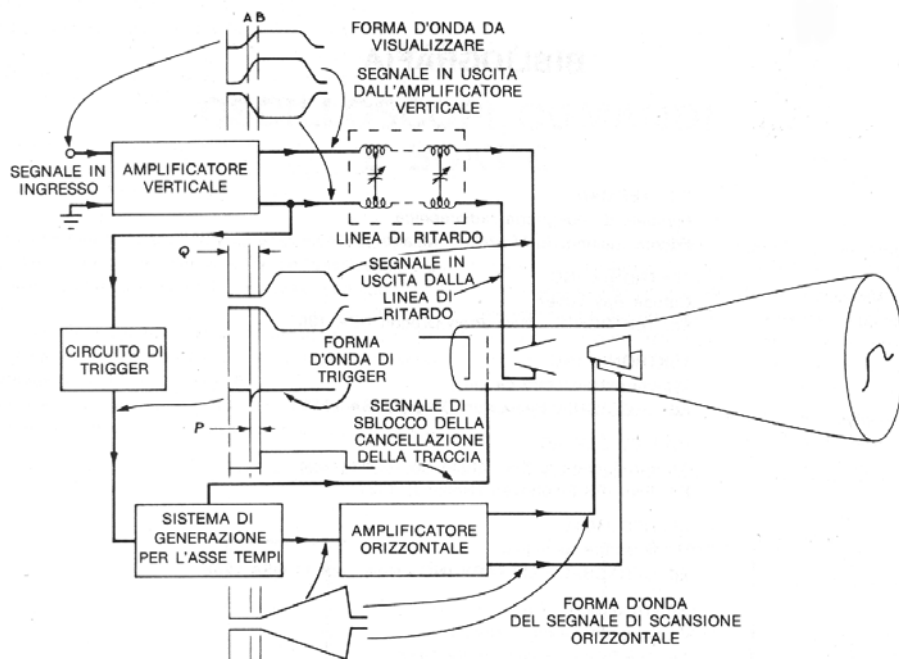


Figura 4

SEZIONI E COMANDI

Con la rappresentazione grafica bidimensionale in asse X ed Y, che è possibile tracciare sullo schermo dell'oscilloscopio, si può misurare, in pratica, qualsiasi grandezza elettrica.

Nella maggior parte dei casi l'oscilloscopio può essere utilizzato per visualizzare l'andamento di un fenomeno (con una tensione riportata sull'asse verticale Y), in funzione del tempo (rappresentato sull'asse orizzontale X).

Questa presentazione grafica d'uso generale permette di ricavare ben più dati di quelli che possono, in alternativa, essere forniti da un insieme di altri strumenti come contatori di frequenza, multimetri ecc..

Per esempio, con un oscilloscopio è possibile ricavare immediatamente la componente a corrente continua e quella a corrente alternata del segnale; così pure si può avvertire la presenza di disturbi (*noise*), e misurarli in livello e frequenza.

Con un solo strumento quindi è possibile eseguire contemporaneamente vari controlli e misure che, diversamente, richiederebbero diversi banchi di misura.

La maggiore parte dei segnali elettrici può venire facilmente applicata ai circuiti di ingresso di un oscilloscopio per mezzo di cavi o di apposite sonde.

Per la verifica di fenomeni di tipo non elettrico si utilizzano invece dei trasduttori che, in pratica, realizzano la trasformazione dell'energia da un tipo ad un altro così come avviene ad esempio con i microfoni; dove si convertono suoni in segnali elettrici. Con altri tipi di trasduttori si può trasformare una temperatura, una sollecitazione meccanica, una pressione, luce o calore in altrettanti corrispondenti segnali elettrici.

Basta quindi disporre dell'adatto trasduttore e le possibilità di controllo e misura di un oscilloscopio divengono in pratica infinite.

Naturalmente i controlli e le misure da effettuare caso per caso saranno molto più facili per il tecnico che le esegue se questi conosce, almeno nelle linee essenziali, come l'oscilloscopio lavora.

Quest'ultimo, come indica la figura 5, può essere considerato come un insieme di più sezioni o sistemi operativi:

- la sezione di visualizzazione;
- la sezione verticale;
- la sezione di comando dell'asse tempi o sistema di trigger;
- la sezione orizzontale.

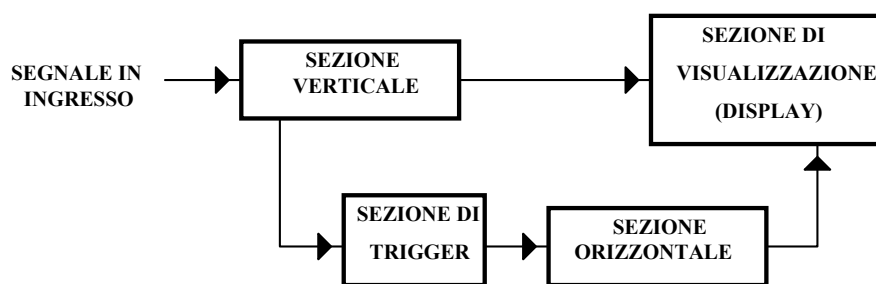


Figura 5

La **sezione verticale** controlla l'asse verticale (Y) della visualizzazione, poiché riceve dalle sonde il segnale da analizzare e lo elabora in modo da trasferirlo, come tensione di comando, sia alla sezione di visualizzazione (e cioè alle placchette di deflessione verticale del tubo a raggi catodici), come pure alla sezione di comando dell'asse - tempi.

In ogni istante quindi l'azione esercitata da questo blocco fa sì che gli elettroni che realizzano il tracciato luminoso vengano spostati in su ed in giù lungo lo schermo.

Analogamente la **sezione orizzontale** comanda in senso orizzontale, lungo l'asse X (o asse tempi), il movimento periodico da sinistra a destra degli elettroni del pennello elettronico emesso dal tubo a raggi catodici.

Il **sistema di trigger** invece definisce i tempi in cui viene tracciato l'andamento del fenomeno in esame, determinando l'inizio della **spazzolata** o **scansione** lungo lo schermo.

La **sezione di visualizzazione** (detta anche *display*) a sua volta gestisce il tubo a raggi catodici, sul cui schermo si realizza in pratica il tracciato luminoso relativo all'andamento del fenomeno da esaminare.

Questo blocco è responsabile della visualizzazione della traccia luminosa sullo schermo fluorescente; essa è tracciata sul piano dello schermo con una rappresentazione cartesiana secondo la quale sull'asse verticale o Y operano i livelli del segnale e sull'asse orizzontale o X invece il tempo di scansione.

Nel seguito, a ciascuna di queste sezioni che compaiono nello schema a blocchi di figura 5 corrisponde un capitolo.

In ciascuno di questi sono stati richiamati e definiti i principali comandi utilizzabili per un corretto funzionamento dell'oscilloscopio, con riferimento al modello CS-1021 della produzione Trio - Kenwood.

LA SEZIONE DI VISUALIZZAZIONE O DISPLAY

L'oscilloscopio traccia un diagramma nel piano cartesiano che riproduce la forma d'onda del segnale che s'intende analizzare.

In pratica ciò avviene per mezzo di una traccia luminosa che è provocata dall'urto di un piccolo fascio di elettroni contro una sostanza fosforescente (comunemente detta *fosforo*), che riveste la faccia interna dello schermo del tubo a raggi catodici (TRC), componente base del sistema di visualizzazione.

La traccia viene continuamente rinnovata come luminosità dal fascetto di elettroni che continua sistematicamente a percorrerla; il fascetto di elettroni viene generato dal cosiddetto *cannone elettronico* del tubo a raggi catodici e viene deflesso dalle tensioni applicate alle placchette metalliche di comando del tubo (figura 2).

In pratica ad ogni scansione orizzontale, comandata dalla sezione di trigger, corrisponde una eccitazione del fosforo luminescente del tubo; la traccia si presenta però ai nostri occhi come una figura stabile e di luminosità uniforme.

Ciò è dovuto alle caratteristiche di *persistenza* propria del del tubo come pure al fenomeno della persistenza delle immagini sulla retina dei nostri occhi.

Una grigliatura incisa sulla superficie interna dello schermo del tubo a raggi catodici permette un riferimento che consente di realizzare dei rilievi e delle misure di una certa precisione: si tratta del cosiddetto *reticolo*, indicato in figura 6.

Gli schermi degli oscilloscopi possono venire realizzati con varie dimensioni fisiche: quasi tutti però vengono dotati in pratica di un reticolo con 8 per 10 divisioni principali (o più semplicemente divisioni) ognuna di un centimetro di lunghezza, ciascuna delle quali può venire considerata, a sua volta, come suddivisa in 10 per 10 divisioni secondarie (o suddivisioni).

Le diciture dei comandi e delle scale relative sono riferite alle divisioni principali; alle divisioni secondarie si può risalire con i tratteggi con cui sono suddivise le due linee centrali, verticale ed orizzontale, del reticolo.

Per facilitare il rilievo dei *tempi di salita* o *di discesa* di un impulso, il reticolo può prevedere due tratteggi orizzontali; essi permettono, con facilità, di determinare il 10 ed il 90% dei fronti di salita e di discesa che, per convenzione, sono considerati come i limiti dei tempi di salita o discesa di un impulso.

L'immagine sul tubo a raggi catodici (TRC) può essere messa a punto come funzionamento del cannone elettronico con tre comandi (**TRACE ROTATION, FOCUS e INTENSITY**), che sono in genere raggruppati come posizione sul fronte dell'oscilloscopio nelle immediate vicinanze dello schermo del tubo; questi comandi sono regolati in genere una sola volta iniziando ad usare l'oscilloscopio.

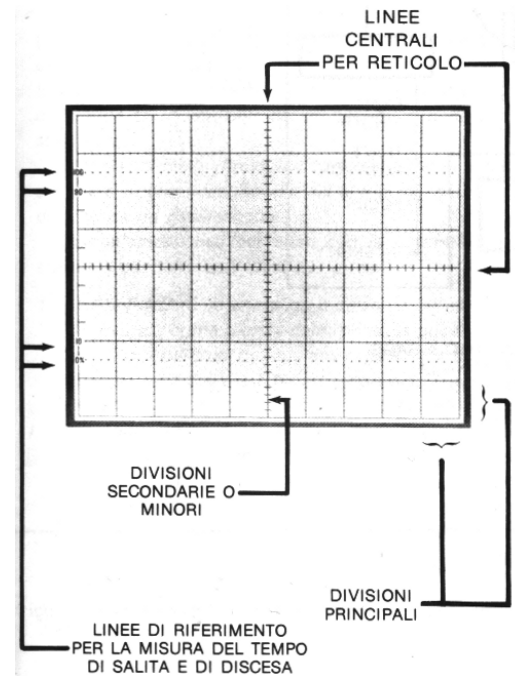


Figura 6

L'IMPIEGO DEI COMANDI DELLA SEZIONE DI VISUALIZZAZIONE

Lo schema a blocchi di figura 7 indica le modalità di funzionamento della sezione di visualizzazione; sono indicati pure i comandi relativi che agiscono sul funzionamento dell'ottica elettronica del tubo a raggi catodici.

IL COMANDO DI LUMINOSITÀ (INTENSITY)

Con questo comando è possibile regolare la luminosità della traccia in modo da tener conto delle diverse condizioni di luce in cui opera l'oscilloscopio ed anche dei vari tipi di segnali che possono venire visualizzati.

Se si analizza ad esempio un'onda quadra sarà necessario aumentare la luminosità per potere visualizzare bene i fianchi di salita e di discesa cui corrisponde una velocità di scansione elevata (con minore luminosità quindi di traccia), rispetto alle componenti orizzontali del segnale, molto più lente, che compariranno quindi con luminosità nettamente superiore.

Si tenga presente, infatti, che la luminosità della traccia dipende sia dalla consistenza in elettroni del fascetto catodico generato dal cannone elettronico del tubo a raggi catodici, sia pure dal

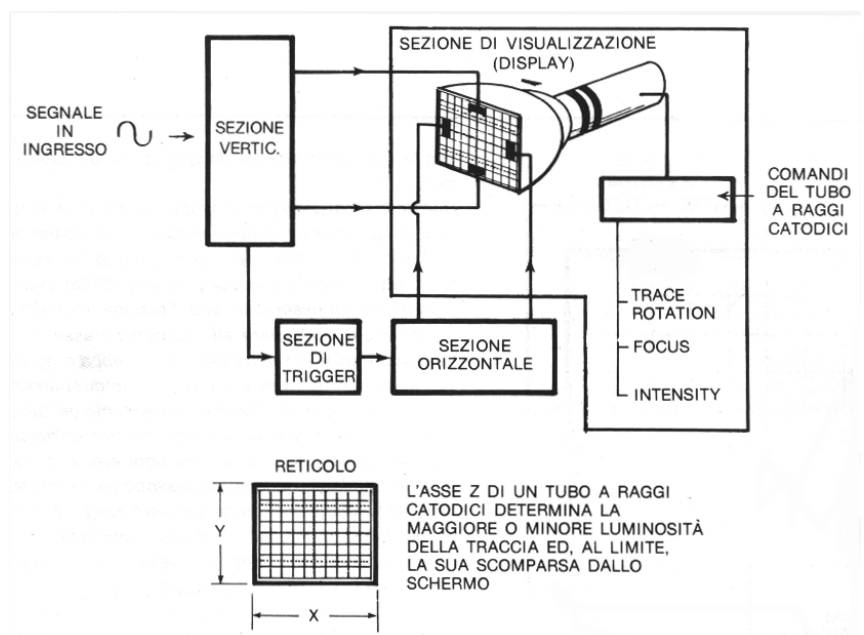


Figura 7

tempo che questo fascetto ha a disposizione, muovendosi lungo lo schermo, per eccitare il fosforo.

Più ricco in elettroni sarà il fascetto e maggiore risulterà quindi la luminosità; come pure più rapidamente esso si muoverà sullo schermo e più bassa risulterà la luminosità della traccia perché sarà possibile eccitare il fosforo solo per un breve intervallo di tempo.

Allo scopo di evitare un continuo ritocco della luminosità nel corso del funzionamento al variare della velocità di scansione dell'asse tempi orizzontale, gli oscilloscopi più moderni sono dotati di una regolazione automatica della luminosità che la mantiene costante purché la velocità di scansione orizzontale rimanga entro certi limiti che dipendono dal modello dello strumento.

IL COMANDO DI FOCALIZZAZIONE (FOCUS)

Perché la figura tracciata sullo schermo sia ben netta e perfettamente focalizzata, occorre che gli elettroni del pennello del tubo a raggi catodici siano ben raggruppati tra loro.

Si provvede a ciò regolando la tensione di alimentazione di un apposito elettrodo del cannone elettronico del tubo, tramite un comando presente nel pannello frontale dell'oscilloscopio.

LA ROTAZIONE DELLA TRACCIA (TRACE ROTATION)

Un altro comando a disposizione sul pannello frontale degli oscilloscopi è quello relativo alla rotazione della traccia.

Questa messa a punto consente di allineare la deflessione orizzontale del tubo a raggi catodici alle linee di riferimento orizzontali del reticolo, inciso sulla faccia interna dello schermo fluorescente.

Tale regolazione viene effettuata in pratica solo saltuariamente e, molto opportunamente, si provvede ad essa con un cacciavite inserito in un'apposita sede del pannello frontale di comando; si evita così che, involontariamente, si possa verificare, per errore, un disallineamento della traccia.

Nella stragrande maggioranza dei casi questo allineamento verrà regolato una volta per tutte ed in seguito si potrà dimenticarsene.

Se però l'oscilloscopio viene impiegato in servizio mobile, come capita appunto nel caso di interventi di manutenzione sul posto su vari impianti, potrà capitare che l'oscilloscopio operi successivamente in località anche a grande distanza fra loro.

In questo caso, il comando TRACE ROTATION potrà tener conto del fatto che le variazioni del campo magnetico terrestre possono influenzare la deflessione del pennello elettronico dei tubi a raggi catodici, introducendo appunto delle rotazioni nelle tracce generate dall'oscilloscopio.

IL COMANDO PER LA REGOLAZIONE DELL'ASTIGMATISMO (ASTIG)

Questo comando permette la regolazione della rotondità dello spot prodotto dal fascio di elettroni quando quest'ultimo urta lo schermo; tarato dal costruttore, solitamente non necessita più di regolazioni da parte dell'operatore.

MODULAZIONE Z

I comandi appartenenti alla sezione di visualizzazione normalmente sono raccolti sul fronte del pannello, in una riquadratura posta direttamente a lato dello schermo dell'oscilloscopio.

A questo fa eccezione il comando relativo al controllo dell'asse Z, di solito accessibile tramite un connettore BNC³ disposto sul retro dello strumento.

L'asse Z coincide con quello del cannone elettronico del tubo a raggi catodici; esso determina che una maggiore o minore quantità di elettroni possa giungere sullo schermo fluorescente, provocando quindi una maggiore o minore luminosità della traccia (e, al limite, una sua scomparsa).

Ad esso possono essere applicati livelli di tensione, per il modello CS - 1021, fino a 50 Volt (continui o di picco) con frequenze dalla continua a 1 MHz; i segnali positivi fanno accrescere la luminosità mentre quelli negativi la diminuiscono.

LA SEZIONE VERTICALE

La sezione verticale dell'oscilloscopio permette di fornire all'asse Y (e cioè alle placchette di deflessione disposte orizzontalmente nello schema rappresentato in figura 7) i segnali elettrici relativi alle informazioni verticali necessarie alla tracciatura delle forme d'onda; queste compariranno per luminescenza sullo schermo del TRC.

Allo scopo, il sistema verticale riceve in ingresso dei segnali e fornisce in uscita delle **tensioni di deflessione**; queste ultime vengono infatti utilizzate per il controllo, e cioè per la deflessione, del pennello elettronico generato dal cannone elettronico.

Per di più il sistema verticale:

- permette di scegliere il modo migliore di applicare il segnale in ingresso (comandi accoppiamento o **COUPLING**);
- fornisce un segnale interno destinato al comando di sganciamento (**trigger**) della deflessione orizzontale.

Lo schema a blocchi di figura 8 permette di individuare, sia pure in modo schematico, i componenti fondamentali ed i comandi della sezione verticale di uno dei due canali di un oscilloscopio della serie CS; a tal proposito occorre dire che, indipendentemente dal numero di canali presenti nello strumento, i comandi e i circuiti relativi alla sezione verticale sono sempre equivalenti.

In pratica, come si può notare dalla figura 8, il segnale viene innanzitutto inserito nel circuito di un attenuatore variabile che permette di ottenere diverse portate di sensibilità.

³ Il termine BNC è una abbreviazione derivata dalle iniziali dei termini "Bayonet NEIL-CONCELMAN"; questa espressione è un tributo di riconoscimento a Paul NEIL che elaborò i connettori di tipo N presso i laboratori della BELL ed a Carl CONCELMAN che sviluppò invece quelli della serie C.

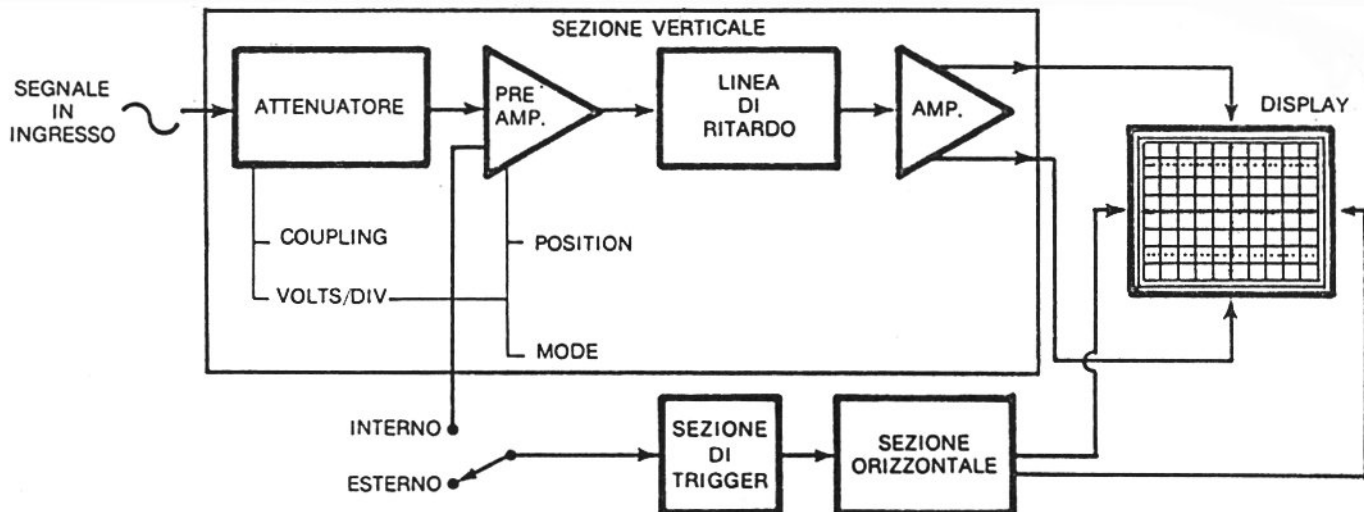


Figura 8

Con l'attenuatore tutto disinserito si avrà la massima sensibilità verticale (1 mV/cm per i modelli Trio - Kenwood CS), consentita appunto dal preamplificatore ed amplificatore che operano nel sistema verticale per elevare i millivolt del segnale di ingresso fino alla decina di volt e più necessari alla deflessione del pennello di elettroni del tubo a raggi catodici.

I vari passi di attenuazione, progressivamente inseribili, consentiranno invece le varie portate in Volt/cm sino ad un minimo di sensibilità, per la serie CS, di 5 V per ogni centimetro della scala verticale del reticolo.

Tra il preamplificatore e l'amplificatore è inserita una *linea di ritardo*; essa ha il compito di ritardare di un breve tempo (circa 0.25 μ sec.), l'applicazione del segnale di deflessione alle placchette verticali del tubo a raggi catodici.

Prima che ciò avvenga, infatti, il segnale di trigger deve permettere la partenza della *rampa* di tensione che comanda la deflessione del pennello elettronico del TRC in senso orizzontale; se non si avesse quest'anticipo di funzionamento che viene concesso all'asse X, si rischierebbe di non vedere bene l'inizio delle forme d'onda da esaminare.

La linea di ritardo determina quindi che prima inizi la deflessione orizzontale e successivamente sia applicata la tensione alle placchette dell'asse Y, determinando così l'inizio della deflessione verticale.

I circuiti del sistema verticale (attenuatore, amplificatori, linea di ritardo), sono quelli che più impegnano il progettista dell'oscilloscopio per il motivo che le loro caratteristiche di lavoro devono mantenersi in pratica:

- uniformi in tutta la banda di frequenza di lavoro propria dell'oscilloscopio, banda che va dalla continua fino al massimo valore della frequenza prevista;
- stabili, sia nel tempo sia per eventuali notevoli oscillazioni della temperatura dell'ambiente di lavoro.

Buona parte degli sforzi tecnologici e quindi dei costi di produzione sono pertanto assorbiti dal sistema verticale dell'oscilloscopio.

Tornando ora ad esaminare i comandi si può dire che parte di questi (posizione verticale, sensibilità ed accoppiamento di ingresso) sono caratteristici di ogni canale di ingresso; sul pannello frontale degli oscilloscopi della serie CS ne compaiono due serie, una per ciascuno dei due canali di lavoro presenti.

POSIZIONE VERTICALE DELLE TRACCE

I comandi **POSITION** dell'oscilloscopio permettono di collocare la traccia luminosa esattamente là dove si desidera sullo schermo del TRC.

I due controlli di POSITION verticale (uno per ogni canale di lavoro nel riquadro relativo alla sezione verticale), consentono infatti di variare a piacere in senso verticale la posizione delle tracce relative ai due canali 1 e 2, mentre quello di POSITION orizzontale (nel riquadro della sezione orizzontale), comanda la collocazione, in senso orizzontale, di entrambi i canali assieme.

ACCOPPIAMENTO DEI SEGNALI IN INGRESSO

Il selettore **DC, GND, AC**, presente sul pannello di comando dell'oscilloscopio per ciascun canale, permette di scegliere il tipo di accoppiamento (*coupling*)⁴ più conveniente.

In posizione DC (abbreviazione del termine Direct Current, ovvero Corrente Continua), l'oscilloscopio potrà visualizzare qualsiasi forma d'onda compresa nella banda che va dalla corrente continua fino al limite superiore previsto per la banda di lavoro (ad esempio 20 MHz per il modello CS - 1021).

In posizione AC (acronimo di Alternating Current o Corrente Alternata), il comando blocca invece la componente continua eventualmente presente nel segnale in esame e permette la visualizzazione delle componenti alternate con un certo taglio per le frequenze più basse (eliminati i segnali aventi frequenze, di solito, inferiori a 10 Hz).

⁴ Con questo termine s'intende il modo con cui i segnali da analizzare vengono collegati alle circuiterie interne di ciascun canale verticale.

In posizione GND (che sta per Ground e cioè terra), viene disconnesso l'ingresso della sezione verticale dai segnali di entrata⁵; si realizza infatti un collegamento tra amplificatore verticale e terra tramite la resistenza di ingresso del canale.

In questo modo la traccia, che può scorrere liberamente per effetto di una continua triggerazione, si presenta come una linea orizzontale luminosa corrispondente, come posizione sul verticale, al potenziale di terra dello chassis dell'oscilloscopio.

Se ora si selezionano le posizioni AC o DC, si avrà la possibilità di misurare in modo pratico ed agevole la tensione relativa al segnale in esame rispetto a terra.

L'accoppiamento in corrente alternata è molto comodo quando la componente continua del segnale è molto più alta di quella alternata (si veda la fotografia in alto di figura 9); l'eliminazione della componente continua (selezione della posizione AC) permette infatti di analizzare con comodità il segnale su tutto lo schermo dell'oscilloscopio (si veda la seconda fotografia di figura 9); basterà allo scopo porre il commutatore VOLTS/DIV su di un passo corrispondente ad una sensibilità più elevata per il canale verticale impiegato.

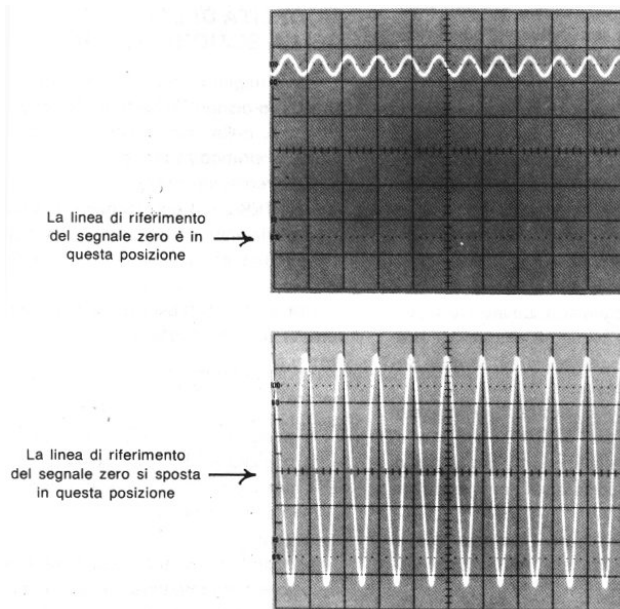


Figura 9

Limitazione della banda

Nella maggior parte degli oscilloscopi (ma *non* nel modello CS – 1021) il segnale analizzato può incontrare, oltrepassata la sezione AC,DC, GND, un filtro passa basso inseribile dall'operatore per mezzo di un selettore.

Questo circuito, se attivo, limita la banda passante eliminando le componenti ad alta frequenza del segnale in esame; si può ridurre così una parte del rumore che talvolta appare sovrapposto alla forma d'onda visualizzata, consentendone una migliore definizione.

SENSIBILITÀ VERTICALE

Un commutatore rotativo, con passi di commutazione riferiti a vari valori di sensibilità del canale espressi in Volt/divisione, controlla la sensibilità di ogni canale verticale; disponendo così di una vasta gamma di sensibilità (da qualche mV a vari Volt per divisione del reticolo di riferimento inciso sullo schermo del tubo a raggi catodici), l'oscilloscopio si presta ad una altrettanto vasta gamma di applicazioni.

Diventa ad esempio possibile controllare un segnale di pochi millivolt (quello in uscita da un microfono, ad esempio), così come verificare la componente continua del segnale in uscita da uno stadio amplificatore di potenza a radio frequenza.

Commutando questo comando di sensibilità sui vari passi relativi alle portate disponibili, assieme alla sensibilità dell'oscilloscopio varia anche il **fattore di scala** relativo a ciascuna delle divisioni principali del reticolo (figura 6).

Ogni passo di commutazione è, infatti, contrassegnato, o sul pannello frontale dell'oscilloscopio o direttamente sullo schermo del TRC, con un numero che è in pratica il fattore di scala del canale; questo valore si esprime con la sigla VOLTS/DIV (VOLTS/DIVision), pronunciando la parola "per" al posto della linea di frazione.

Per esempio, in corrispondenza al passo di commutazione contrassegnato con 1 VOLTS/DIV, ciascuna delle divisioni principali del reticolo *vale* 1 Volt; in questo modo l'intero schermo potrà visualizzare al limite una forma d'onda con un'ampiezza massima di 8 Volt, poiché 8 sono appunto le divisioni principali in cui è suddiviso, in senso verticale, lo schermo.

Se invece la portata prescelta fosse di 2 millivolt, sullo schermo si potrebbe visualizzare un segnale, al limite, di 16 millivolt di ampiezza.

Il tipo di sonda (X1 o X10) impiegata per collegare l'oscilloscopio al punto che fornisce il segnale da esaminare influenza ovviamente il fattore di scala, e di questo bisogna tener conto nella lettura delle sensibilità selezionate.

Alcuni tipi di oscilloscopi dispongono di un apposito comando che può risolvere questo problema consentendo un'automatica calibrazione della sensibilità in funzione del tipo di sonda; in altri modelli, invece, la calibrazione avviene fin dal momento dell'inserimento della sonda nel BNC, in quanto è prevista una sorta di "riconoscimento" della sonda stessa.

Purtroppo il modello CS non possiede alcuna di queste opzioni, perciò l'interpretazione da associare ai VOLTS/DIV in funzione della sonda utilizzata è lasciata all'attenzione dell'operatore.

REGOLAZIONE FINE DEL VOLTS/DIV

Il fattore di scala impostato tramite il commutatore VOLTS/DIV può essere modificato intervenendo su un apposito comando di calibrazione, normalmente situato o nelle vicinanze della manopola VOLTS/DIV o addirittura posto sulla sommità della manopola stessa.

Tale comando, se inserito⁶, consente una variazione continua del fattore di scala fissato tramite la selezione effettuata con VOLTS/DIV; l'utilità di questa opzione si rivela quando si desidera effettuare rapidamente una comparazione tra l'ampiezza di una serie di segnali.

Se si dispone, ad esempio, di un segnale di ampiezza nota e se si fanno corrispondere, con il comando di regolazione fine, i limiti superiori ed inferiori della forma d'onda di tale segnale, esattamente a delle linee orizzontali delle divisioni principali del

⁵ Ciò significa che la posizione GND non introduce alcun collegamento di terra verso il segnale collegato in ingresso mediante sonda.

⁶ Nella maggior parte dei casi l'inserimento avviene ruotando il comando al di fuori della sua sede di riposo, definita CAL (CALibrate).

reticolo, diviene poi molto facile verificare immediatamente se altri segnali corrispondono o meno a tale ampiezza.

INVERSIONE DI POLARITÀ DEL CANALE 2

Per effettuare misure di livello *in differenziale*, è necessario invertire la polarità di lavoro di uno dei due canali a disposizione. Il comando a pulsante bistabile **INV** relativo all'amplificatore verticale del canale 2 permette appunto questa possibilità di misura: premendolo, infatti, viene invertita la polarità del canale 2.

MODALITÀ DI LAVORO DELLA SEZIONE VERTICALE

Per la migliore utilizzazione di un oscilloscopio è necessario che siano disponibili varie possibilità di presentazione della traccia in asse verticale e che sia possibile scegliere in modo rapido e pratico la più conveniente caso per caso.

Ciò premesso, se si esamina il pannello frontale del modello CS - 1021 si notano quattro pulsanti racchiusi da una cornice che porta la dicitura **MODE**.

Selezionando opportunamente i pulsanti è consentito operare:

- attivando **CH1** solo con il canale 1 in funzione.
- attivando **CH2** solo con il canale 2 in funzione.
- attivando sia **CH1** sia **CH2** (funzione **ADD**) con entrambi i canali contemporaneamente in funzione, ma con la visualizzazione di un'unica traccia ottenuta dalla somma algebrica fra i segnali relativi ai due canali, tenuto conto della selezione impostata su **INV**.
- attivando **CHOP** l'oscilloscopio provvede, avvalendosi di un commutatore elettronico, a scandire in rapidissima successione prima una parte della traccia del primo canale e, successivamente, un tratto di traccia relativa al secondo canale. L'operazione viene poi continuamente ripetuta sino a permettere la visione stabile e completa di entrambe le tracce: la commutazione da una traccia all'altra avviene infatti con un ritmo tanto veloce (normalmente superiore a 100 KHz) che l'occhio umano non può percepire. Se si opera con velocità di scansione relativamente ridotta, ad esempio per esaminare forme d'onda di frequenza bassa, non sarà d'altra parte possibile notare alcun intervallo tra i tratti successivi con cui è scandita ogni traccia. In pratica, questi tratti si salderanno ai nostri occhi, in una traccia continua del tutto analoga a quella che è possibile realizzare operando con uno solo dei canali verticali;
- attivando **ALT** l'oscilloscopio provvede a scandire alternativamente prima la traccia di un canale verticale e poi quella del canale successivo. Naturalmente i nostri occhi non possono seguire questa scansione alternata che avviene con grande rapidità, specie se si opera con forti velocità di scansione, necessarie in particolare per esaminare forme d'onda di frequenza alta. In pratica sullo schermo dell'oscilloscopio compariranno quindi, ben stabili agli occhi dell'operatore, le tracce relative ai due canali della sezione verticale.

Esaminando più approfonditamente queste ultime due modalità di lavoro, si ritiene opportuno puntualizzare che il criterio di scelta di una o dell'altra risponde a precise esigenze pratiche.

Se si analizzano, infatti, segnali di frequenza piuttosto elevata, che richiedono appunto scansioni abbastanza veloci per venire visualizzati in dettaglio, non è possibile operare con un commutatore elettronico per analizzare contemporaneamente le due forme d'onda.

L'interruttore elettronico infatti può operare in pratica al massimo con un ritmo di qualche centinaio di KHz e quindi, con le scansioni più veloci, la traccia risulterebbe non più composta da una linea continua ma da una linea tratteggiata tanto più grossolana, e quindi imprecisa, quanto maggiore risulterebbe la velocità di scansione dell'asse orizzontale dell'oscilloscopio. Per contro, analizzando forme d'onda di frequenza abbastanza elevata, conviene utilizzare il modo alternato perché l'occhio umano non riesce a percepire né l'alternanza di scansione tra una traccia e l'altra né la non perfetta relazione temporale tra le tracce visualizzate, fenomeni tipici del **MODE ALT**.

Le cose cambiano invece se, riducendosi la velocità di scansione, aumentano i tempi necessari ad analizzare completamente, con **ALT**, prima un segnale e poi l'altro.

Se si arriva, infatti, a velocità di scansione dell'ordine di qualche millisecondo per divisione orizzontale e più ancora, ci si avvicina ai tempi tipici della persistenza delle immagini sulla retina dell'occhio umano; la traccia è quindi percepita con un fastidioso sfarfallio (detto *flicker effect*), che riduce drasticamente le possibilità di analisi delle forme d'onda.

Per queste velocità di scansione relativamente basse è consigliabile utilizzare sempre il **MODE CHOP** che, senza più alcun sfarfallio, permetterà una buona visione contemporanea dei due canali.

Questi presenteranno tracce stabili e continue, dato che la bassa velocità di scansione non permetterà di apprezzare le interruzioni presenti in ogni traccia.

Riassumendo, quando si opera contemporaneamente con due canali:

- con il **MODE ALT** converrà esaminare le forme d'onda relative ai segnali di frequenza più elevata, con tempi di scansione, via via sempre più ridotti, a partire all'incirca da 0.5 mSEC/DIV;
- con il **MODE CHOP** converrà analizzare le forme d'onda di frequenza più bassa con velocità di scansione inferiori a 0.5 mSEC/DIV all'incirca.

LA SEZIONE ORIZZONTALE

Per tracciare un grafico nel piano cartesiano l'oscilloscopio deve utilizzare delle informazioni per l'asse orizzontale, o X, da correlare a quelle che, come visto in precedenza, gli sono inviate per l'asse verticale, o Y, dal sistema verticale.

La sezione orizzontale dell'oscilloscopio fa fronte a questa necessità, provvedendo alla generazione della tensione che provoca lo spostamento da sinistra a destra del fascetto di elettroni.

Allo scopo la sezione orizzontale (figura 10), è realizzata con uno **sweep generator** o **generatore di scansione**; esso produce una forma d'onda a denti di sega, detta pure a **rampa** (figura 11), che è utilizzata per comandare la ripetuta e programmata scansione del fascetto di elettroni lungo l'asse X dello schermo dell'oscilloscopio.

È proprio il generatore di scansione che rende possibili l'eccezionale serie di prestazioni tipiche ormai di ogni moderno oscilloscopio.

In particolare va ricordato che il circuito che permette la linearità di andamento del tratto in salita della rampa di scansione, può essere considerato come uno dei più importanti passi in avanti mai verificatosi nella tecnica oscilloscopica.

Esso ha, infatti, consentito che il movimento in orizzontale del fascetto di elettroni potesse venire calibrato direttamente in unità di tempo.

Ciò ha permesso in pratica di misurare con molta maggiore precisione, sullo schermo oscilloscopico, l'intervallo di tempo che può intercorrere tra due distinti eventi.

Proprio perché è calibrato in tempi, il generatore di scansione è spesso denominato come **time base** o **asse tempi**.

Esso consente di scegliere i tempi di scansione più adatti sia analizzando il segnale per tempi molto brevi (dell'ordine dei microsecondi o nanosecondi), sia per tempi relativamente molto più lunghi (dell'ordine di vari secondi).

Qualche nota aggiuntiva sul segnale a dente di sega . . .

Il sistema orizzontale dà luogo alla tensione a dente di sega indicata in figura 11.

Il tratto in salita di questa forma d'onda è detto comunemente **rampa**; quest'ultimo comanda il progressivo spostamento del pennello elettronico dalla sinistra alla destra dello schermo.

Dopo la rampa si ha un intervallo di tempo, detto di **holdoff**, che comprende:

- il tempo di **ritraccia** durante il quale il pennello elettronico del tubo a raggi catodici torna alla sua posizione iniziale alla sinistra dello schermo;
- un tempo di inattività, fisso per i modelli Trio - Kenwood CS e regolabile per molte altre marche, che serve a favorire il funzionamento, della sezione di trigger⁷. Durante questo breve intervallo di tempo, infatti, i circuiti del trigger hanno modo di riposizionarsi in un preciso stato iniziale.

Per questo motivo il comando di holdoff è, di solito, raggruppato assieme a quelli della sezione di trigger.

Solo durante la scansione, governata dalla rampa, si ha la visualizzazione della traccia sullo schermo dell'oscilloscopio.

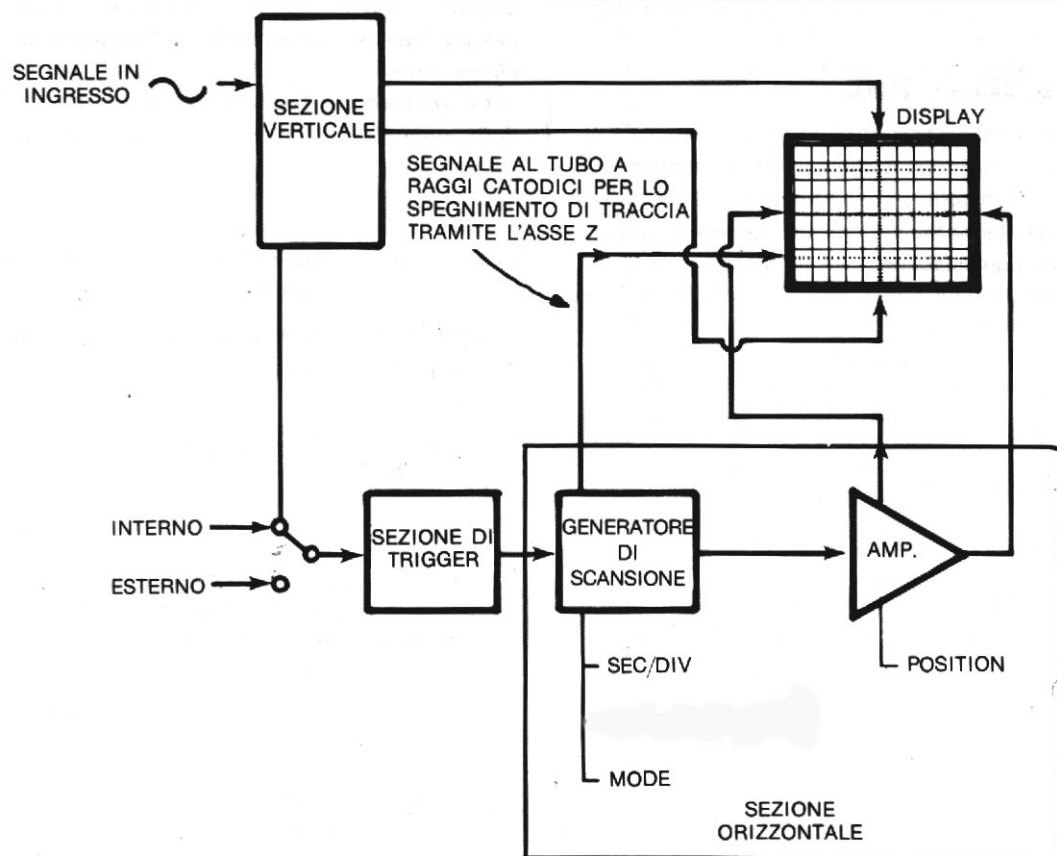


Figura 10

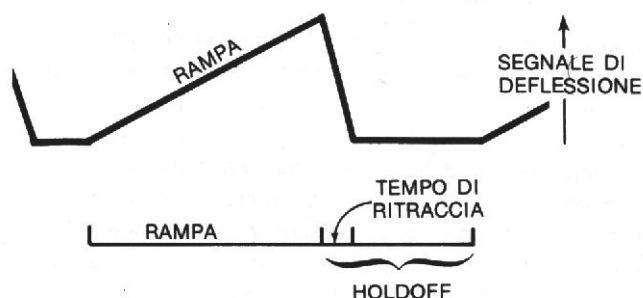


Figura 11

⁷ In appendice A si discuterà dettagliatamente a proposito del tempo di holdoff, in particolare verificando come la possibilità di variarlo da parte dall'operatore possa tradursi in un miglioramento delle capacità di visualizzazione dell'oscilloscopio.

Durante il tempo di holdoff, infatti, l'emissione degli elettroni dal cannone elettronico è sensibilmente ridotta tramite un "circuitto di spegnimento" o di "cancellazione" (detto, in lingua inglese, "blanking circuit") che va ad agire direttamente sull'asse Z dell'oscilloscopio.

POSIZIONE ORIZZONTALE DELLE TRACCE

Il comando **POSITION** è analogo a quello utilizzato nella sezione verticale, e permette di regolare in orizzontale la disposizione delle tracce sullo schermo del tubo a raggi catodici.

VELOCITÀ DI SCANSIONE

Il commutatore posizionato al centro della sezione orizzontale, con passi tarati in secondi/divisione, permette di scegliere la velocità di scansione e come conseguenza il numero di volte al secondo con cui viene scandita, sullo schermo, la forma d'onda.

Utilizzando i vari passi di commutazione messi a disposizione dal comando **TIME/DIV**, sarà possibile quindi analizzare il segnale per tempi più o meno lunghi.

Così come nel caso del commutatore VOLTS/DIV della sezione verticale dell'oscilloscopio, anche le diciture relative ai tempi che contrassegnano i passi del comando TIME/DIV andranno considerate come dei fattori di scala.

Se il comando TIME/DIV viene ruotato in modo da selezionare la posizione 1 msec significa che ciascuna delle divisioni più grandi in orizzontale sullo schermo rappresenta 1 millisecondo e che tutta la larghezza dello schermo, di 10 divisioni, viene percorsa dal fascio di elettroni in un tempo pari a 10 millisecondi.

Tutti gli strumenti della serie CS dispongono di una serie di portate, come tempi di scansione, da 0.5 SEC/DIV a 0.5 μ SEC/DIV, in sequenza di rapporti di scala 1-2-5.

POSSIBILITÀ DI VARIARE CON CONTINUITÀ LA VELOCITÀ DI SCANSIONE

È possibile scegliere una qualsiasi velocità di scansione, intermedia tra le portate relative ai vari passi di commutazione del comando TIME/DIV, agendo sulla manopola **VARIABLE** presente sulla sommità del selettore TIME/DIV.

Occorre ricordare che per disporre di portate tarate è necessario disinserire la funzione suddetta, ruotando la manopola VARIABLE in senso orario fino al limite imposto dalla meccanica del dispositivo.

LA MAGNIFICAZIONE IN ORIZZONTALE

Molti oscilloscopi consentono, in vario modo, di espandere in senso orizzontale in un dato rapporto (5X, 10X e più ancora), la forma d'onda visualizzata sullo schermo del tubo; questa prestazione è detta **magnificazione**.

Nella serie CS, ad esempio, si dispone di una magnificazione orizzontale di 10X; essa può venire introdotta estraendo la manopola POSITION (quella appartenente alla sezione orizzontale) dalla sua sede di riposo.

Una magnificazione 10X consente quindi una velocità di scansione al limite dieci volte più veloce del più alto valore commutabile con il comando TIME/DIV; si può così passare dai 0.5 μ SEC/DIV ai 50 nSEC/DIV, una scansione questa davvero molto veloce.

La magnificazione 10X diviene molto utile quando si desidera esaminare dei dettagli di una forma d'onda che, in pratica, risultassero molto vicini l'uno all'altro, con intervalli di tempo anche molto piccoli tra un dettaglio e il successivo.

SELEZIONE DELLA BASE DEI TEMPI

Alcuni oscilloscopi (*non* il modello CS – 1021), oltre alla **base tempi principale (main time base)**, che è la più utilizzata e che presenta tutte le caratteristiche specificate precedentemente, ne hanno anche un'altra, detta **base tempi ritardata (delayed time base)**.

Questa consente di far iniziare la scansione con un ritardo determinato rispetto al segnale della base tempi principale: in questo modo è possibile osservare alcuni eventi che non sarebbero visibili solo con la base dei tempi principale, oppure osservarli in modo più evidente.

La base tempi ritardata richiede l'impostazione di un tempo di ritardo e possibilmente l'uso di una modalità di trigger con ritardo, elementi che esulano da questa trattazione.

LA SEZIONE DI TIGGER

Da quanto detto in precedenza, è noto come la sezione di visualizzazione faccia sì che sullo schermo del tubo a raggi catodici compaia una figura corrispondente, come andamento nel piano cartesiano, alla forma d'onda che si desidera analizzare.

Come già accennato, affinché ciò sia possibile la sezione verticale fornisce all'asse Y le informazioni verticali relative alla forma d'onda, ed il sistema orizzontale provvede alla generazione dei segnali necessari alla scansione dei tempi sull'asse X.

Dovrebbe essere quindi noto come l'oscilloscopio sia in grado di produrre la forma dell'onda in esame; manca solo di sapere "quando" ciò avviene; "quando" cioè gli altri circuiti dell'oscilloscopio fanno partire la scansione del segnale e "quando" no.

Alla definizione di questi tempi di intervento provvedono i complessi ed importanti circuiti di **sgancio (trigger)** dell'asse tempi. Essi sono importanti per almeno due valide ragioni:

- anzitutto perchè uno degli scopi dell'oscilloscopio è quello di fornire informazioni correlate al tempo;
- in secondo luogo (ed è una ragione egualmente importante) perchè il trigger fa sì che ogni scansione dell'asse tempi parta sempre con lo stesso "quando".

La traccia che compare sullo schermo dell'oscilloscopio può essere diversa pur considerando l'analisi di segnali perfettamente identici come, ad esempio, tensioni sinusoidali con medesima ampiezza e frequenza; ciò può dipendere sia dal tempo impostato sull'asse X sia dall'istante di tempo in corrispondenza del quale si effettua lo sgancio dell'asse tempi.

Se si opera con il comando TIME/DIV posto su $0.1 \mu\text{SEC}/\text{DIV}$, l'oscilloscopio darà luogo ad una traccia ogni $1 \mu\text{secondo}$ ($0.1 \mu\text{secondi}$ per ognuna delle divisioni di scala che, in orizzontale, sono 10).

Ciò significa che il pennello elettronico percorrerà lo schermo per ben un milione di volte ogni secondo, senza contare i tempi di ritraccia e di hold-off che sono trascurabili rispetto al tempo effettivo impiegato per percorrere la traccia.

Ci si può quindi immaginare la confusione di tracce che si avrebbe sullo schermo del tubo se ogni scansione partisse con un tempo diverso.

Ma ogni scansione sullo schermo del tubo a raggi catodici partirà sempre allo stesso istante e con lo stesso riferimento di tempo, purché siano regolati correttamente i comandi del sistema di trigger.

Per prima cosa l'operatore si preoccuperà che i circuiti di trigger prelevino il segnale di sgancio dell'asse tempi dalla sorgente (**SOURCE**) di segnale più adatta, da scegliere caso per caso.

In secondo luogo sarà necessario fare in modo che i circuiti di sgancio si riferiscano, per intervenire, ad un particolare valore di tensione del segnale di trigger, agendo allo scopo con i comandi che permettono di scegliere la pendenza (**SLOPE**) ed il livello (**LEVEL**) del segnale.

In tal modo, tutte le volte che si arriverà a questo particolare livello si avrà lo sgancio dell'asse tempi; questo potrà così ogni volta iniziare a fornire la sua tensione di comando all'asse X in modo che la traccia cominci a spostarsi dalla sinistra alla destra dello schermo.

La figura 12 dà un'idea di come si svolgono in pratica le cose.

La visione nitida e stabile della forma d'onda che compare sullo schermo dell'oscilloscopio, è provocata dal continuo e ripetuto passaggio, sempre sulla stessa traccia, del pennello di elettroni del tubo a raggi catodici.

La figura mostra appunto un treno di forme d'onda con indicato su ciascuna di esse sempre "lo stesso punto di trigger", che dà luogo sempre "allo stesso percorso di traccia" sullo schermo dell'oscilloscopio.

Si noti che il punto di trigger è riferito ad un livello piuttosto elevato e ad una pendenza positiva; è quindi solo

il fronte di salita iniziale della prima parte della forma d'onda che può far partire la scansione.

Siccome ogni volta che si raggiunge il livello di trigger la sezione orizzontale fa partire una scansione, sarà l'insieme delle tracce relative, continuamente sovrapposte, che permetterà la visione della forma d'onda in esame.

Perché un oscilloscopio di tipo normale (del tipo cioè di quello che si sta spiegando in dettaglio, detto anche **analogico**) possa funzionare, è necessario quindi che la forma d'onda del segnale che si desidera analizzare sia di tipo **periodico** od almeno **ripetitivo**.

Per visualizzare le forme d'onda di segnali non ripetitivi occorrono invece speciali oscilloscopi, detti **digitali**, dotati di un dispositivo di memoria; il principio di funzionamento di questo tipo di strumento, completamente diverso da quello attualmente in discussione, sarà affrontato in un capitolo successivo.

Gli oscilloscopi della serie CS operano con una varietà di comandi di trigger; oltre a quelli già introdotti (**SOURCE**, **LEVEL** e **SLOPE**), nella sezione di trigger si utilizzano anche altri due comandi che hanno il compito:

- di consentire la scelta della modalità di lavoro più conveniente mediante il selettore **MODE**;
- di definire in che modo la sorgente del segnale di trigger prescelta si accoppia ai circuiti del trigger (selettore **COUPLING**).

LIVELLO E POLARITÀ DEL SEGNALE DI TRIGGER

I comandi di **LEVEL** e **SLOPE** definiscono, come illustrato in figura 12, il punto di trigger in corrispondenza del quale si verifica lo sgancio e quindi la partenza dell'asse tempi.

Più precisamente, infatti:

- il comando di **SLOPE** determina se il punto di trigger deve venire scelto come livello sul fronte di salita o di discesa della forma d'onda;
- il comando **LEVEL** determina invece per quale livello del fronte d'onda prescelto si deve verificare lo sgancio e la conseguente partenza dell'asse tempi.

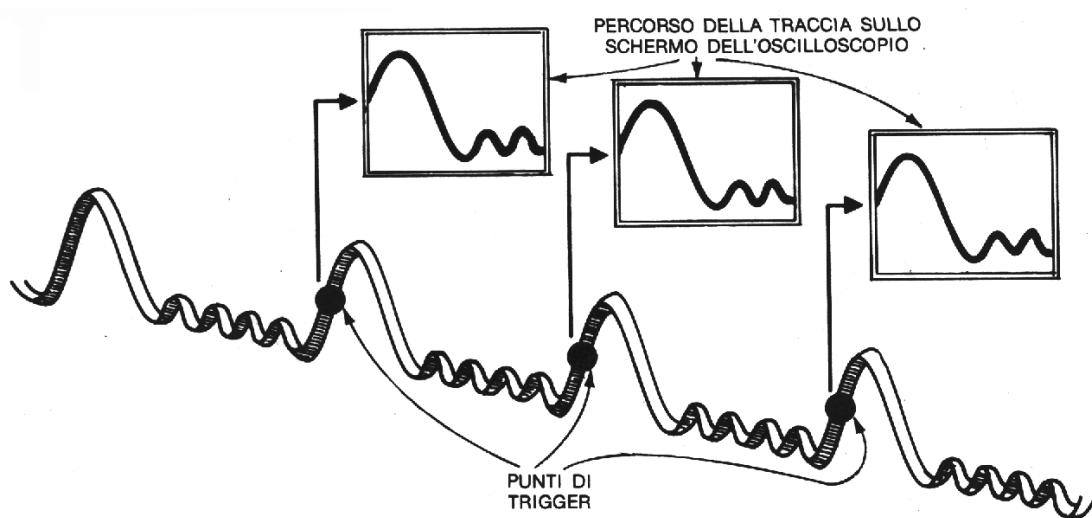


Figura 12

LE SORGENTI DI TRIGGER

Le sorgenti di trigger possono essere considerate come divise tra loro in due categorie a seconda che il segnale di trigger sia ricavato dai circuiti interni dell'oscilloscopio o provenga dall'esterno.

Nel caso si lavori con segnale di trigger interno, la sezione di trigger è comandata dalla stessa forma d'onda visualizzata; ciò comporta l'ovvio vantaggio di consentire contemporaneamente all'operatore sia la visione del segnale in esame che della sorgente di trigger.

La scelta della sorgente di trigger si effettua ottenuta manovrando un commutatore a cinque posizioni contrassegnato dalla dicitura **SOURCE**.

Selezionando le posizioni **CH1** o **CH2** il sistema di trigger accede alle fonti interne di segnale; in particolare l'impulso di sgancio della base tempi verrà ricavato rispettivamente dal segnale presente sul canale 1 o sul canale 2.

Questa selezione è valida sia nel caso di visualizzazione di un solo canale, sia nel caso in cui si intendessero visualizzare entrambi i canali contemporaneamente.

In quest'ultima situazione l'immagine presente sullo schermo potrà essere significativa solo se i segnali in ingresso presenteranno una correlazione temporale tra loro; se ciò non avvenisse, infatti, attivando o CH1 o CH2 come sorgente per il trigger, il risultato sarebbe sempre quello di avere un canale ben sincronizzato⁸ e l'altro che scorre sullo schermo senza alcuna possibilità di stabilizzazione.

In questo caso l'unica possibilità di risolvere il problema è di selezionare la posizione **V.MODE**.

Così facendo il controllo del modo di funzionamento del sistema di trigger è passato alla pulsantiera **MODE** presente nella sezione verticale dell'oscilloscopio, operazione che permetterà, a fronte di una corretta regolazione, di stabilizzare le forme d'onda non sincronizzate.

In particolare selezionando:

- **CH1** o **CH2** si ricade nel medesimo modo di funzionamento già disponibile attraverso il commutatore **SOURCE**;
- **ADD** la fonte di trigger diventa la somma algebrica dei segnali presenti sui canali 1 e 2;
- **ALT** vengono utilizzati come sorgenti per il trigger alternativamente i segnali presenti sui canali 1 e 2, allo stesso modo di come questi sono rappresentati sullo schermo: si ottiene in questo modo la sincronizzazione stabile anche di tracce corrispondenti a segnali che non presentano alcuna relazione di frequenza;
- **CHOP** non vi è alcuna possibilità di sincronizzazione, poichè la frequenza del commutatore elettronico responsabile del chopping costituisce la fonte del segnale per il sistema di sgancio.

Non sempre segnali relativi alle forme d'onda visualizzate sono sufficienti ad assicurare una corretta partenza della base tempi.

A volte è necessario utilizzare, come fonte di trigger, un segnale proveniente dall'esterno; basta allora portare su **EXT** il commutatore **SOURCE** e procedere, con una sonda a parte inserita nel connettore **BNC EXT TRIG**, a fornire al sistema di trigger la relativa sorgente esterna per il segnale di sgancio dell'asse tempi.

Una fonte esterna di trigger può risultare molto utile specie quando, nel corso di un progetto o di una riparazione, ci si debba dedicare all'analisi di forme d'onda ripetitive tipo impulsivo provenienti da apparati di tipo digitale⁹; in ogni caso, comunque, il segnale esterno deve essere in relazione di tempo col segnale da misurare.

La posizione **LINE** del commutatore **SOURCE** offre come ulteriore fonte di trigger la linea di alimentazione dalla rete a corrente alternata.

Un segnale di trigger proveniente dalla rete A.C. è utile in tutti i casi in cui si debbano analizzare dei circuiti legati come funzionamento alla frequenza di rete come, ad esempio, gli apparati di alimentazione degli elettrodomestici.

MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA DI TRIGGER

I circuiti di trigger degli oscilloscopi della serie CS possono funzionare con tre distinte modalità operative: **normale**, **automatica** e **X-Y**.

La modalità operativa forse più impiegata nella pratica è quella definita come "normale", e ad essa corrisponde la posizione **NORM** presente nella sezione **MODE** dei comandi di trigger; in effetti si tratta della modalità di lavoro che consente la gamma più vasta di possibilità di trigger, dalla corrente continua sino ai 20 MHz.

Caratteristica della modalità **NORMAL** è di non consentire la comparsa della traccia sullo schermo in assenza di segnale in ingresso o di un'appropriate regolazione di trigger (in particolare del comando **LEVEL**).

Se invece si opera in modo "automatico" (detto pure *a traccia di base visibile*), contrassegnato con **AUTO** sul pannello frontale, si ha la seguente sequenza di criteri operativi:

- in assenza di segnali in ingresso all'oscilloscopio (e quindi di trigger interno) o di trigger esterno un apposito segnale di trigger fa partire l'asse tempi;
- al termine della scansione inizia il tempo di holdoff;
- al termine del tempo di holdoff entra in funzione un temporizzatore che genera un tempo di attesa; durante questo tempo il circuito di trigger resta in attesa che dall'interno o eventualmente anche dall'esterno dell'oscilloscopio arrivi o meno un segnale di trigger.
- se tale segnale non arriva nell'intervallo di tempo fissato dal temporizzatore, un apposito segnale di trigger viene generato e si ripristina la sequenza di criteri operativi sin qui analizzata.

⁸ Quello corrispondente alla posizione selezionata come **SOURCE**.

⁹ In questo caso, ad esempio, si potrebbe utilizzare come sorgente di trigger l'eventuale segnale di clock presente nell'apparato, e in sua funzione visualizzare gli andamenti di vari segnali presenti nel sistema.

Questa sequenza di scansioni “automatiche” in assenza di segnale d’ingresso o di trigger esterno, provoca una traccia lineare di base sullo schermo dell’oscilloscopio in una posizione che, ovviamente, corrisponde ad un segnale di valore nullo applicato all’ingresso della sezione verticale.

In pratica quindi, con la modalità operativa AUTO:

- a riposo, ovvero in assenza di segnale o di trigger esterno, si ha una traccia orizzontale di riferimento corrispondente ad un segnale di livello zero;
- non appena viene applicato un segnale all’ingresso della sezione verticale la relativa forma d’onda viene visualizzata sullo schermo;
- se viene a mancare questo segnale in ingresso, la traccia lineare di base compare di nuovo sullo schermo dell’oscilloscopio.

Poichè il circuito di trigger possa comunque funzionare con quest’automatismo operativo, occorre che i circuiti che intervengono con la selezione di AUTO realizzino una funzione che, diversamente, deve essere attuata dall’operatore; devono cioè regolare automaticamente il comando di livello di trigger *quale che sia il livello e la forma d’onda* del segnale da esaminare in arrivo o nell’ingresso della sezione verticale o nell’ingresso riservato ai segnali di trigger esterni.

Il fatto che il circuito di trigger sia adattato al segnale in ingresso senza alcun intervento dell’operatore determina l’utilità di questa modalità operativa; si ha inoltre il vantaggio di potere verificare all’istante la linea di riferimento relativa al livello zero del segnale, semplicemente interrompendo il contatto del puntale della sonda con il circuito in esame.

Talvolta però il funzionamento automatico del sistema di trigger può portare a problemi nella visualizzazione delle tracce.

È il caso, ad esempio, del tentativo di esaminare in automatico la forma d’onda di una tensione di frequenza relativamente bassa; questo tipo di segnale non va, infatti, d’accordo con il funzionamento del temporizzatore tipico della modalità operativa in AUTO, il che dà origine a una traccia assolutamente instabile.

Operando invece in NORM questi problemi cesseranno di esistere e sarà possibile avere una traccia stabile con qualsiasi tempo di ripetizione del segnale in ingresso all’oscilloscopio, il tutto in quanto, non essendo attivata la particolare temporizzazione presente nel modo automatico, la base tempi potrà essere sganciata in qualunque momento giunga il corretto livello del segnale di trigger.

L’ultima modalità operativa è definita **X-Y**; ad essa corrisponde la possibilità di operare con i due canali (1 come Y e 2 come X) in presentazione X-Y.

In altre parole, una volta attivata questa possibilità di funzionamento, il segnale applicato sul canale 1 andrà, dopo l’opportuno adattamento esercitato dalla sezione verticale, a comandare la deflessione verticale del fascetto di elettroni; allo stesso modo il segnale applicato sul canale 2 verrà utilizzato per gestire la deflessione orizzontale.

ACCOPPIAMENTO DEI SEGNALE DI TRIGGER

Il segnale utilizzato come sorgente per il sistema di trigger può essere applicato a quest’ultimo in diversi modi, selezionabili grazie al commutatore **COUPLING**.

Nella posizione **AC** si ottiene un accoppiamento tramite un condensatore e quindi con esclusione della componente continua del segnale e delle frequenze inferiori a 10 Hz; questo può causare, in particolare qualora siano in visualizzazione due tracce relative a segnali di bassa frequenza non sincronizzati, un fenomeno di “saltellamento” dell’immagine.

Le posizioni contrassegnate dalla dicitura **VIDEO (FRAME, LINE)**, utilizzate in particolare dai riparatori TV, consentono di separare i segnali di sincronizzazione video dal segnale televisivo composito, inviandoli successivamente al sistema di trigger.

La figura 13 mostra, racchiusa in un riquadro, la sezione di trigger con i suoi comandi e cioè:

- il comando di LEVEL che consente la scelta del più opportuno punto di trigger;
- il comando di SLOPE che permette di scegliere la pendenza del fronte su cui operare per la scelta del punto di trigger;
- il comando di MODE che offre varie modalità operative;
- il comando di SOURCE che permette di scegliere tra varie sorgenti di segnali atti al sincronismo della scansione;
- il comando di COUPLING che consente di accoppiare nel modo più opportuno la sezione di trigger al segnale di sincronismo.

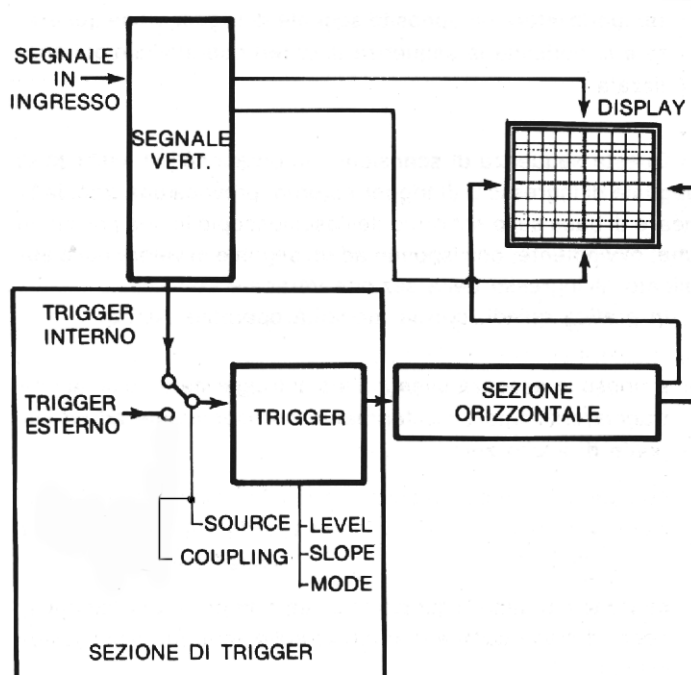


Figura 13

OPERAZIONI PRELIMINARI ALL'UTILIZZO

In questa sezione sono descritte brevemente le operazioni preliminari per l'uso dell'oscilloscopio.

Messa a terra dell'oscilloscopio

La messa a terra di un oscilloscopio è un'operazione necessaria per motivi di sicurezza.

Se accidentalmente una tensione ad alto voltaggio viene a contatto con il contenitore di un oscilloscopio che non utilizzi la messa a terra, ogni parte dello strumento, compresi i comandi che sembrano essere isolati, può fornire una scarica elettrica all'utilizzatore o al circuito sotto misura.

Nel caso di un oscilloscopio con corretta messa a terra, le correnti fluiscono verso la terra attraverso il cavo di massa, dotato di una resistenza trascurabile, invece di utilizzare come percorso il corpo dell'operatore.

Mettere a terra un oscilloscopio significa connetterlo ad un punto di riferimento elettrico neutro (il conduttore di terra).

Ciò significa che non basta connettere lo strumento all'alimentazione di rete attraverso la sua spina tripolare, ma occorre assicurarsi che l'impianto elettrico di alimentazione abbia una corretta linea di messa a terra.

Messa a terra dell'operatore

Se si opera su dispositivi che utilizzano circuiti integrati, occorre che anche l'operatore sia messo a terra.

I circuiti integrati hanno, infatti, percorsi per la conduzione della corrente estremamente sottili, che possono essere danneggiati dalle correnti dovute all'elettricità statica del corpo dell'operatore.

Per eliminare tale inconveniente bisogna che l'operatore indossi una fascia conduttiva connessa a terra (figura 14), in modo da annullare la sua elettricità statica.

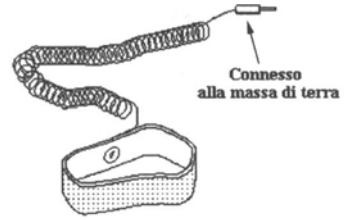


Figura 14

IMPOSTAZIONE INIZIALE DEI CONTROLLI

Dopo aver connesso l'oscilloscopio alla rete elettrica, occorre effettuare alcune impostazioni preliminari sui controlli disposti sul pannello.

Alcuni strumenti hanno la funzione automatica di **AUTOSET** o **PRESET** che consente un'impostazione iniziale ottimale dei controlli; se questa non è disponibile (è il caso dell'oscilloscopio Trio-Kenwood) o se si vuole intervenire in modo manuale, occorre impostare i controlli come segue:

- impostare l'oscilloscopio per visualizzare il canale 1;
- impostare il comando VOLTS/DIV del canale 1 nella posizione media;
- assicurarsi che il controllo VOLTS/DIV variabile sia disattivato;
- impostare la regolazione POSITION per il canale 1 nella posizione media;
- assicurarsi che le impostazioni per la magnificazione dell'immagine siano disattivate;
- impostare l'accoppiamento dell'ingresso per il canale 1 in continua (DC);
- impostare la sorgente del trigger in modo che questa sia interna;
- impostare il trigger in modalità AUTO;
- impostare la sorgente del trigger sul canale 1;
- impostare il comando Holdoff, se presente, al minimo, oppure disattivarlo;
- impostare il comando SEC/DIV su un fattore relativamente lento (1msec/div, ad esempio);
- impostare il controllo di intensità della traccia nella posizione media;
- aggiustare il controllo di fuoco per avere una immagine nitida sul display.

Queste sono le istruzioni generali sommarie per le impostazioni iniziali di un oscilloscopio; per ogni ulteriore chiarimento si consiglia di fare riferimento al manuale delle istruzioni, dove di solito esiste un capitolo che tratta queste problematiche con maggiori dettagli.

CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI

Impedenza di ingresso

È una caratteristica di cui bisogna tener conto, specie quando il segnale è prelevato da una sorgente con elevata impedenza di uscita.

Normalmente viene specificata con un valore di $1\text{ M}\Omega$ in parallelo con una capacità di $10 \div 50\text{ pF}$; tale valore è spesso indicato in prossimità dei BNC di ingresso dei canali.

In particolare i modelli della serie CS presentano una impedenza di ingresso di $1\text{ M}\Omega$ con in parallelo 35 pF .

Larghezza di banda

La caratteristica più importante degli oscilloscopi è sicuramente la larghezza di banda, che dipende dalla risposta in frequenza del sistema verticale dello strumento.

La larghezza di banda viene definita come la *frequenza massima del segnale che può essere visualizzato sullo schermo con una ampiezza pari a -3 dB rispetto a quella del segnale presente in ingresso*.

Il punto a -3 dB è il valore al quale il segnale scende all'aumentare della frequenza rispetto al valore massimo assunto come 0 dB; in percentuale, tale valore si attesta al 70.7% di quello reale del segnale in ingresso.

Specificando con V_{out} la tensione del segnale visualizzato sullo schermo e con V_{in} quella del segnale di ingresso, si avrà che:

$$dB (V) = 20 \log (\text{rapporto tra le due tensioni})$$

$$-3 \text{ dB} = 20 \log (V_{out}/V_{in})$$

$$-0.15 = \log (V_{out}/V_{in})$$

$$10^{-0.15} = V_{out}/V_{in}$$

$$V_{out} = 0.707 V_{in}$$

Per oscilloscopi comuni la banda è limitata a qualche decina di MHz mentre gli oscilloscopi di elevata qualità raggiungono le centinaia di MHz; in accoppiamento AC il limite inferiore è generalmente intorno ai 10 Hz.

Gli oscilloscopi Trio - Kenwood CS - 1021 presentano una larghezza di banda di 20 MHz.

Tempo di salita

Il tempo di salita e la larghezza di banda sono tra loro in stretta relazione.

Il tempo di salita è solitamente specificato come *l'intervallo di tempo di transizione impiegato dal segnale per passare dal 10% al 90% del suo valore*.

Con questo parametro si considera la transizione più veloce che lo strumento possa rappresentare sullo schermo senza provocare la distorsione del segnale; può essere rilevato per mezzo di un segnale con alto contenuto armonico, come ad esempio una onda quadra, i cui angoli devono essere riprodotti in modo reale sullo schermo.

Il tempo di salita (t_r) è legato alla larghezza di banda (**BW**) dalla relazione **larghezza di banda x tempo di salita $\cong 0.35$** , vale a dire, per gli oscilloscopi ad alta frequenza:

$$t_r(\text{ns}) = 350 / BW (\text{MHz})$$

Per un oscilloscopio da 100 MHz ad esempio, il tempo di salita corrisponde a 3.5 ns.

Come già visto nel capitolo relativo ai comandi di visualizzazione dell'oscilloscopio, sulla griglia del display sono presenti delle linee speciali contrassegnate con 0% e 100%, che sono utilizzate per la misura del tempo di salita di un segnale.

La misura avviene per mezzo del controllo della sensibilità verticale, facendo coincidere queste due linee rispettivamente con l'estremo inferiore e con l'estremo superiore del segnale, e successivamente leggendo il tempo di salita lungo l'asse X come l'intervallo di tempo delimitato dall'intersezione del segnale stesso con le linee del reticolo contrassegnate con 10% e 90%.

Per misurare il tempo di salita di un oscilloscopio è necessario seguire lo stesso procedimento, solo che il segnale di test deve avere un tempo di salita più veloce di quello dell'oscilloscopio di almeno 5 volte per ottenere un errore del 2%.

Il tempo di salita presentato sullo schermo, $t_{r \text{ misurato}}$, è una funzione combinata del tempo di salita dell'oscilloscopio $t_{r \text{ osc}}$ e del tempo di salita del segnale $t_{r \text{ segn}}$; la relazione, molto importante, che lega le due grandezze è la seguente:

$$t_{r \text{ misurato}} = \sqrt{t_{r \text{ segn}}^2 + t_{r \text{ osc}}^2}$$

Tensione di ingresso massima

Rappresenta la massima tensione che può essere applicata all'ingresso BNC di un canale, senza che questa ne provochi il danneggiamento.

Di valore mai inferiore a qualche centinaio di Volt, per gli oscilloscopi Trio - Kenwood modello CS è di 500 Volt picco - picco o di 250 Volt (DC + Volt AC di picco).

Sensibilità verticale

Rappresenta il guadagno massimo che si può impostare per l'amplificatore verticale, per visualizzare segnali di piccola ampiezza.

Viene in genere espressa in millivolts per divisione (mV/div); il valore tipico degli oscilloscopi più comuni è pari a circa 2 mV/div.

Velocità di scansione

Rappresenta la velocità con cui la traccia può effettuare una scansione completa dello schermo.

Una maggiore velocità di scansione consente di rivelare i dettagli più piccoli del segnale.

È in genere espressa in nanosecondi per divisione (ns/div).

LE SONDE

La sonda di un oscilloscopio, in linguaggio tecnico "**probe**", è poco di più di uno spezzone di cavo da applicare al segnale da testare per portarlo all'ingresso dello strumento; è quindi una parte integrante del sistema di misurazione e se ne vede un esemplare in figura 15.

Sul mercato sono disponibili numerosi tipi di sonda, ognuna con caratteristiche specifiche secondo le situazioni in cui se ne prevede l'utilizzo.

Alcune sonde sono definite **attive** perché comprendono componenti elettronici attivi per effettuare una preamplificazione del segnale prelevato.

Le sonde prive di componenti attivi vengono chiamate sonde **passive** e sono formate esclusivamente da componenti passivi come resistori e condensatori; tali sonde forniscono solitamente un'attenuazione del segnale d'ingresso.

A causa della loro gran diffusione, per prime saranno prese in considerazione le sonde passive per applicazioni generali; di queste saranno definite le principali caratteristiche e gli effetti che possono esercitare sia sul circuito sottoposto a test sia sul segnale sotto esame.

In un secondo tempo saranno esaminati, anche se più brevemente, particolari tipi di sonda destinati ad applicazioni speciali.

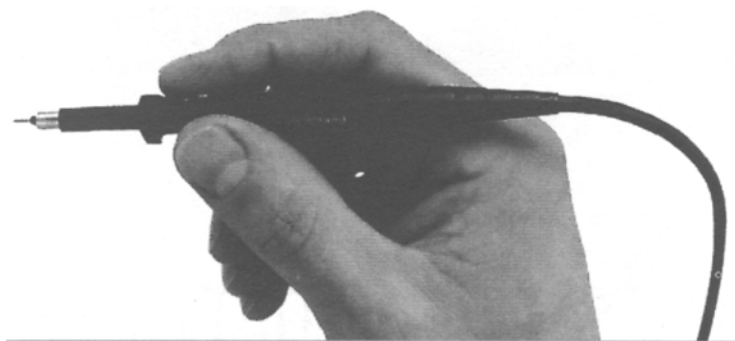


Figura 15

Schermatura

Un importante requisito della sonda è quello di assicurare che all'ingresso dell'oscilloscopio giunga solamente il segnale desiderato.

Nel caso in cui si utilizzasse uno spezzone di cavo, esso potrebbe agire come un'antenna con la probabile conseguenza di convogliare interferenze indesiderate provenienti in special modo dalle stazioni radio, dalle luci fluorescenti (che impiegano il reattore per mantenere l'arco), dai motori elettrici (le cui spazzole sono veri e propri generatori di disturbi), da campi elettrici provocati dalla rete a 50 Hz e addirittura dal campo in radiofrequenza generato dalle stazioni CB locali quando entrano in trasmissione.

In particolari condizioni, parte di questi disturbi potrebbero venir indotti nel conduttore che porta il segnale col risultato di presentarsi, miscelati a questo, all'ingresso dell'oscilloscopio.

La prima cosa da fare è quindi quella di ricorrere ad un cavetto schermato, la cui calza esterna sarà poi collegata a massa attraverso il connettore BNC che assicura il contatto del cavetto all'ingresso dello strumento.

All'altra estremità del cavetto vi sarà la sonda vera e propria, che sarà dotata di una pinza a coccodrillo per assicurare il collegamento della calza schermante anche alla massa del circuito sotto esame; in tal modo l'effetto schermante sarà massimo.

Larghezza di banda del probe

Anche le sonde, come del resto gli oscilloscopi, possiedono un'ampiezza di banda ben definita della quale è necessario tener conto.

Se, ad esempio, si collega ad un oscilloscopio da 100 MHz una sonda da 100 MHz, la risposta complessiva risulterà inferiore a 100 MHz in quanto la capacità della sonda andrà a sommarsi a quella di ingresso dell'oscilloscopio (queste capacità si trovano, infatti, collegate in parallelo), provocando sia la riduzione della larghezza di banda sia l'aumento del tempo di salita t_r del sistema di misura.

Ricordando che:

$$t_r (\text{nsec}) = 350 / BW (\text{MHz})$$

e

$$BW (\text{MHz}) = 350 / t_r (\text{nsec})$$

se sia l'oscilloscopio che la sonda hanno entrambi un'ampiezza di banda di 100 MHz avranno anche entrambi $t_r = 3.5 \text{ ns}$.

Il tempo di salita del sistema può essere determinato grazie alla seguente formula:

$$t_r \text{ presentata} = \sqrt{t_{r \text{ scope}}^2 + t_{r \text{ segnale}}^2} = \sqrt{(3.5^2 + 3.5^2) \text{ nsec}} = \sqrt{24.5 \text{ nsec}} = 4.95 \text{ nsec}.$$

Con un tempo di risposta di 4.95 nsec, il sistema mette a disposizione una ampiezza di banda pari a:

$$350 / 4.95 \text{ MHz} = 70.7 \text{ MHz}.$$

Come si deduce da queste relazioni, è necessario ricorrere ad una sonda che abbia una larghezza di banda notevolmente più elevata di quella dell'oscilloscopio al quale deve essere connessa.

L'effetto del caricamento

Quando si effettua una misura collegando la sonda alla sorgente del segnale, si dà spesso per scontato che la tensione rilevata sia esattamente la stessa di quella presente nel medesimo punto a sonda scollegata: non è però detto che le cose stia-

no proprio così.

Bisogna, infatti, considerare che qualsiasi sonda possiede una impedenza d'ingresso, che dipende dai componenti resistivi, capacitivi ed induttivi presenti al suo interno i quali, al momento della connessione della sonda al circuito da misurare, vanno a "caricare" il circuito stesso spesso snaturandone le caratteristiche.

Per questo motivo, nella valutazione dei risultati della misura, è necessario tener conto delle caratteristiche della sonda alla pari dell'impedenza del circuito sotto test.

Alcune sonde non prevedono al loro interno alcun componente in serie per cui l'unica resistenza che possiedono è quella del cavetto stesso e dal puntale di test: nella loro intera gamma di frequenza operativa o larghezza di banda utile, non si verifica, pertanto alcuna attenuazione del segnale per cui tali sonde vengono chiamate sonde **1:1** o **1X**¹⁰.

Esse provocano un effetto di caricamento sul circuito poiché applicano l'impedenza d'ingresso dell'oscilloscopio, comprensiva della capacità propria del cavetto, direttamente al circuito da esaminare come mostra la figura 16.

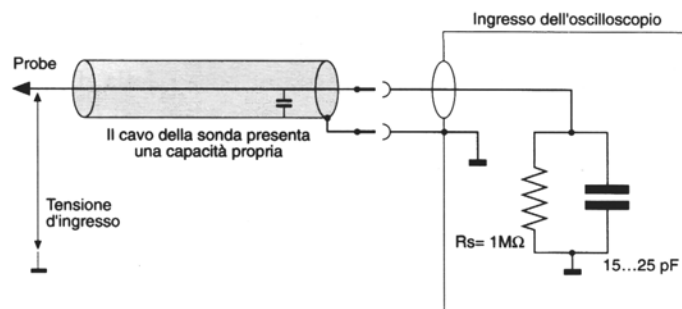


Figura 16

Sonde attenuatrici

È possibile ridurre l'effetto di caricamento inserendo, all'interno della sonda, un'impedenza in serie con l'impedenza d'ingresso dell'oscilloscopio; ciò provoca una diminuzione dell'ampiezza del segnale che giunge all'ingresso dell'oscilloscopio, in pratica come se ci fosse un divisore di tensione.

La figura 17 mostra il circuito equivalente ad una tale sonda.

I resistori R_p ed R_s costituiscono un partitore di tensione 10:1, dove con R_s si intende l'impedenza di ingresso dell'oscilloscopio.

L'inserimento di R_p permette inoltre di aggiungere nella sonda una capacità che, opportunamente regolata, consente la compensazione in frequenza del partitore; è da notare, infatti, che una procedura del genere non può essere realizzata in una sonda 1:1 in quanto la resistenza del puntale è praticamente zero e l'unica capacità presente (quella del cavo) è fissa.

Il condensatore di compensazione, C_{comp} , viene regolato in fase d'accoppiamento della sonda all'oscilloscopio per assicurare che all'estremità della stessa venga mantenuta la corretta curva di risposta in frequenza; la risposta in frequenza di questo tipo di sonda è quindi molto più ampia di quella della sonda 1:1.

Poiché la resistenza d'ingresso standard degli oscilloscopi è di $1\text{ M}\Omega$, la presenza nella sonda di una serie di resistori da $9\text{ M}\Omega$ forma un'impedenza d'ingresso totale di $10\text{ M}\Omega$ alle basse frequenze.

Ciò determina però, oltre al risultato positivo di riduzione dell'effetto di caricamento, anche una certa sensibilità ai rumori di bassa frequenza, per cui è consigliabile utilizzarla per segnali di frequenza superiore a 5 KHz ; inoltre bisogna tener conto che l'ampiezza del segnale sullo schermo si riduce di un fattore 10, rendendo difficile la visualizzazione di ampiezze dell'ordine del mV.

La sonda attentatrice appena descritta è nota come sonda **10:1** o **10X**.

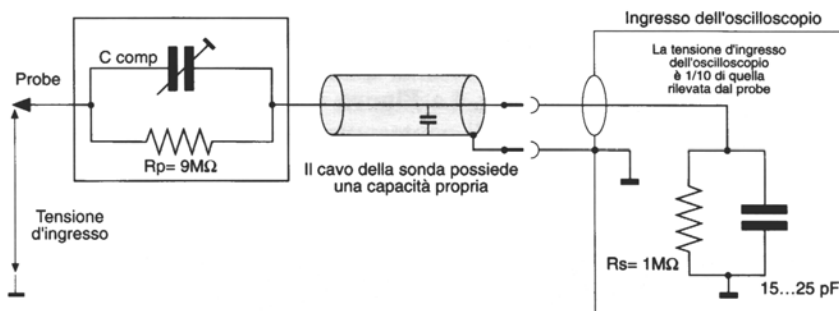


Figura 17

Compensazione della sonda

Le sonde con un rapporto di 10:1 sono formate da diversi condensatori regolabili e da vari resistori al fine di fornire una corretta risposta entro una ampia gamma di frequenze; la taratura di questi trimmer viene eseguita in fabbrica al momento della produzione.

L'unica regolazione che l'operatore deve eseguire prima di accingersi all'esecuzione di una misura riguarda il solo trimmer capacitivo che permette la compensazione alle basse frequenze; questa operazione è necessaria per accoppiare correttamente l'ingresso dell'oscilloscopio alla sonda utilizzata.

La regolazione è semplice e va eseguita collegando il puntale della sonda al terminale di uscita del segnale campione a disposizione sul pannello frontale dello stesso oscilloscopio¹¹.

Tale terminale, contraddistinto dalle sigle più svariate ("Probe Adjust", "Calibrator", "CAL", "Probe Cal."), fornisce una tensione ad onda quadra perfettamente calibrata.

Poiché tale onda è caratterizzata dall'insieme di numerose armoniche di diversa frequenza, se tutte queste componenti sono trasferite all'oscilloscopio con la corretta ampiezza, il segnale d'onda quadra appare riprodotto correttamente sul display.

¹⁰ Secondo una convenzione comunemente adottata, il fattore di attenuazione è definito da un valore numerico seguito da una X, come ad esempio 10X. Al contrario, un fattore di amplificazione è definito da un valore numerico preceduto da una X.

¹¹ È bene, comunque, connettere il morsetto di massa della sonda alla massa dello strumento.

È pertanto necessario ricordarsi sempre di controllare la compensazione prima di utilizzare le sonde attenuatrici e, poiché potrebbero verificarsi delle leggere differenze tra le capacità d'ingresso dei vari canali, sarebbe sempre consigliabile compensare la sonda sul canale che s'intende utilizzare.

La figura 18 mostra gli effetti di *sottocompensazione* (A), di *sovracompensazione* (B) e di *compensazione corretta* (C) nel caso di onda quadra.

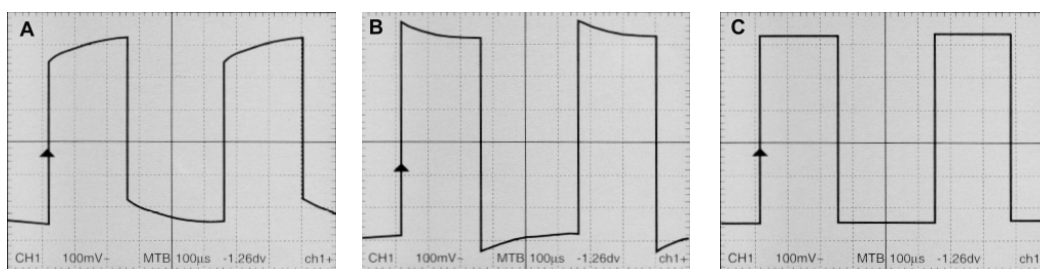


Figura 18

Tensione di ingresso massima

Le sonde con rapporto 10:1 sono quelle più comunemente utilizzate in quanto adatte ad essere impiegate in numerose applicazioni, purché il segnale di ingresso non superi i 400 ÷ 500 V di picco.

Per livelli di tensione più elevati è necessario ricorrere a sonde da 100:1 dotate di una adeguata rete resistiva interna.

Sonda con read-out

Le sonde degli oscilloscopi più recenti sono dotate di un sistema codificato che permette agli oscilloscopi di riconoscere il tipo di sonda che viene ad essi collegata.

Di conseguenza, lo strumento può compensare la misura tenendo conto del rapporto di divisione della sonda stessa ed intervenire sulla deviazione verticale e su tutte le ampiezze al fine di evitare confusione.

Nel caso in cui vengano utilizzate sonde prive di tale sistema di riconoscimento, l'operatore deve settare tutti parametri di misura per compensare l'attenuazione della sonda.

TIPI DI SONDA

Sono già state esaminate le sonde con rapporto 10:1 e 1:1; se ne vedono ora altre scegliendo tra quelle più diffusamente impiegate per scopi generali.

Sonde commutabili

Sono quelle in assoluto più diffuse in quanto combinano le caratteristiche sia delle sonde da 10:1 e di quelle da 1:1 in una singola unità.

La configurazione della sonda in posizione 10:1 è da preferirsi per il basso carico che introduce su tutta la larghezza di banda; mentre la configurazione in rapporto unitario 1:1 può andare bene solo in presenza di segnali a basso livello e a basse frequenze.

Sonde attenuatrici

Altro tipo di sonda attenuatrice è quella con rapporto di divisione **100:1** o **100X**.

La sua capacità è molto bassa (2.5 pF tipici), al contrario della sua resistenza di ingresso che si aggira attorno ai 20 MΩ.

La gamma di tensioni misurabili è notevolmente elevata in quanto supera 14 KVolt, il che rende questo tipo di sonda particolarmente adatta ad eseguire misure su linee a tensione moderatamente elevata, come ad esempio quelle dei convertitori ad alta tensione negli apparecchi TV.

Sonda FET

Questo tipo di sonda, attiva e quindi particolarmente costosa e delicata ma di ottime prestazioni, è destinata ad eseguire misure su circuiti in alta frequenza a valori superiori a 650 MHz.

La sua capacità di ingresso è notevolmente bassa (inferiore a 1.4 pF), il che la rende molto utile nella rilevazione di segnali transitori veloci, o dove venga richiesto un carico minimo sul circuito in esame.

Contenendo uno stadio attivo, la sonda FET può essere impiegata anche come una sonda 1:1 con una capacità di ingresso estremamente ridotta.

Sonda di corrente

Come indica il nome, tale sonda consente di determinare la forma d'onda della corrente che scorre in un conduttore invece di quella relativa alla tensione; per fare ciò, impiega un trasformatore in corrente situato nello stesso probe.

È dotata di una clip che viene posta attorno al cavo, eliminando la necessità di aprire il circuito; il segnale prelevato viene dapprima convertito in tensione e quindi inviato all'ingresso dell'oscilloscopio il quale, in questo caso, indicherà i valori in A/DIV o mA/DIV: la gamma di frequenze operativa è superiore a 70 MHz.

TECNICHE DI MISURA

In questo capitolo sono esaminate le tecniche di misura di base.

Le misure fondamentali che si possono eseguire con un oscilloscopio sono quelle **di tensione** e **di tempo**: in pratica tutte le altre misure realizzabili sono basate su queste due tecniche fondamentali.

Misure di tensione

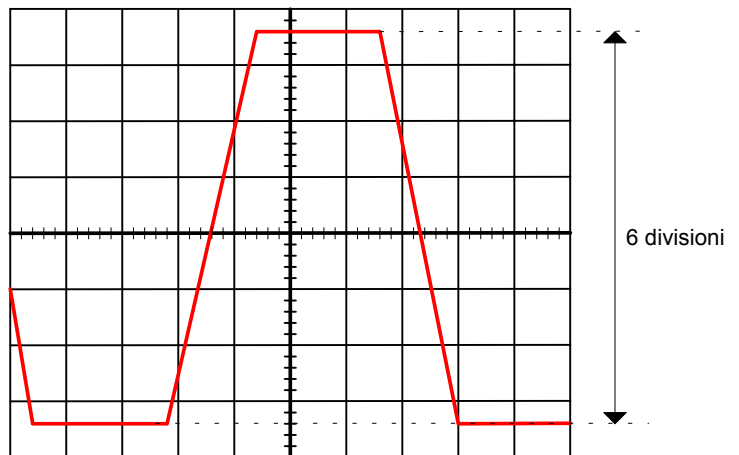
Per eseguire misure di tensione occorre semplicemente:

- contare il numero di divisioni che un segnale attraversa sulla scala verticale dello schermo;
- moltiplicare poi il valore così determinato per il coefficiente VOLTS/DIV impostato nella sezione verticale (relativo al canale del quale si acquisisce il segnale in esame).

Per eseguire al meglio il rilievo, si consiglia di regolare i controlli POSITION e VOLTS/DIV in modo che il segnale copra la maggior parte dello schermo in senso verticale, effettuando quindi la lettura lungo la linea verticale centrale (figura 19), che riporta anche le divisioni secondarie: quanto maggiore è l'area dello schermo utilizzata, tanto più accurata sarà la lettura.

Alcuni oscilloscopi hanno anche dei cursori da posizionare sullo schermo, per effettuare automaticamente la misura senza dover contare le divisioni.

Essi sono costituiti da due linee orizzontali che possono essere spostate a piacimento fino a raggiungere i limiti inferiore e superiore del segnale visualizzato: un'indicazione sullo schermo riporta la lettura di tensione relativa alle posizioni occupate.



Supponendo che il selettore della sensibilità verticale sia impostato a 0.5 VOLTS/DIV (e sonda 1:1), deriva che l'ampiezza picco-picco del segnale in esame vale:

$$6 \text{ (divisioni)} * 0.5 \text{ (VOLT/DIV)} = 3 \text{ Volts picco-picco}$$

Figura 19

Misure di tempo e frequenza

Il metodo migliore per eseguire delle misure di tempi sta tutto nel riferirsi alla linea orizzontale di centro del reticolo.

La forma d'onda va centrata verticalmente rispetto a quest'asse orizzontale, agendo con il comando POSITION della sezione verticale.

A questo punto si passa a ritoccare il comando POSITION della sezione orizzontale, cercando di allineare l'inizio del periodo della forma d'onda in esame con una delle linee verticali del reticolo, ad esempio la prima sul lato sinistro dello schermo.

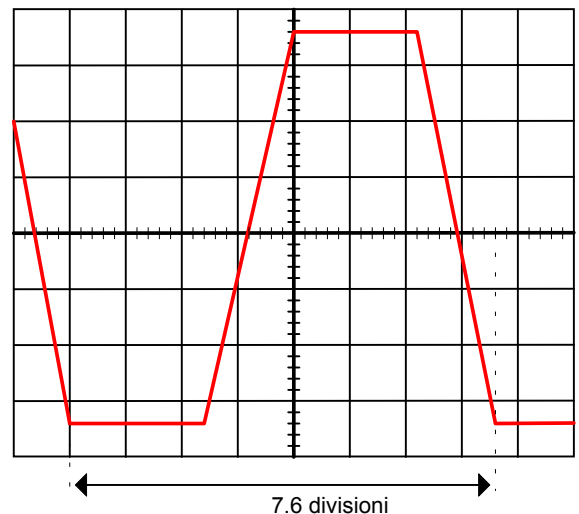
Si contano poi le divisioni e le frazioni di divisione che intercorrono da sinistra a destra fra l'inizio e la fine del periodo; questo conteggio va fatto lungo la linea centrale (in orizzontale) del reticolo rispetto alla quale si è centrata la forma d'onda.

Si moltiplica infine la distanza così rilevata per il fattore rappresentato dal valore di tempo su cui si è posizionato l'indice del commutatore TIME/DIV (figura 20).

È poi possibile ricavare anche la frequenza del segnale, semplicemente applicando la formula

$$\text{Frequenza} = 1 / \text{Periodo}$$

Anche per ciò che riguarda le misure di tempo, alcuni oscilloscopi prevedono l'utilizzo dei cursori per il rilievo automatico del periodo. Sono costituiti da due linee verticali che si manovrano secondo una logica simile a quella vista per le misure di tensione.



Supponendo TIME/DIV impostato a 0.2 msec/DIV deriva che il periodo del segnale in esame vale:

$$7.6 \text{ (divisioni)} * 0.2 \text{ (msec/DIV)} = 1.52 \text{ msec}$$

e la frequenza è pari a

$$1 / 1.52 \text{ msec} = 658 \text{ Hz}$$

Figura 20

Misure di fase

Lo sfasamento fra due segnali periodici, aventi la stessa frequenza, è l'intervallo di tempo che intercorre fra l'inizio del ciclo di uno dei due segnali e l'inizio del ciclo dell'altro, misurato in gradi.

Esso può essere misurato direttamente, visualizzando in contemporanea i due segnali.

Se Δt è l'intervallo di tempo misurato, ω la pulsazione dei due segnali (si ricordi che $\omega = 360^\circ/T$, dove T è il periodo), lo sfasamento fra i due segnali è dato da¹²

¹² La formula è ricavata partendo dalla proporzione $360^\circ : T = \varphi : \Delta t$, che tiene conto del legame tra il periodo di un segnale e la sua rappresentazione vettoriale.

$$\varphi = \Delta t \times \omega = \Delta t \times 360^\circ / T.$$

In figura 21 è illustrato un esempio.

Supponendo un settaggio della base tempi di 0.2 msec/DIV, ne consegue che il periodo dei segnali (6.4 divisioni) è pari a 1.28 msec., mentre la frequenza è di 781 Hz.

Ciò premesso e avendo rilevato un Δt pari a 0.16 msec. (0.8 divisioni), si ottiene uno sfasamento tra i segnali di

$$\varphi = 0.16 \cdot 10^{-3} \cdot 360 / 1.28 \cdot 10^{-3} = 45^\circ$$

con il segnale applicato sul canale 1 in anticipo su quello presente sul canale 2¹³.

Per l'esecuzione corretta del rilievo bisogna dapprima eseguire ad alcune operazioni di seguito elencate:

- fissare come sorgente per il trigger il canale dove si collega il segnale di riferimento, di solito il canale 1 (nel selettore SOURCE della sezione di trigger scegliere la posizione CH1);
- impostare la modalità di lavoro della sezione verticale a CHOP (è necessario che i due segnali siano visualizzati in contemporanea);
- posizionare il livello zero di riferimento per i due canali in corrispondenza della linea principale orizzontale del display (attivare GND nel selezionatore dell'accoppiamento di entrata e successivamente i comandi POSITION verticali per ciascun canale);
- regolare il comando TIME/DIV su una velocità di scansione che consenta la visione di almeno un ciclo completo delle forme d'onda;
- regolare i comandi LEVEL e SLOPE della sezione di trigger in modo che in corrispondenza tra l'intersezione dell'asse principale orizzontale e il limite sinistro dello schermo sia collocato il punto di inizio periodo del segnale principale (riferimento B in figura 21)
- qualora i due segnali siano di polarità opposta occorre premere il pulsante INV del canale 2; ciò introduce uno sfasamento di 180° nella visualizzazione dei segnali, ai quali dovrà essere successivamente aggiunto/tolto quello determinato nella misura, tenuto conto della condizione di anticipo/ritardo del segnale di riferimento rispetto all'incognito.

Per le misure di sfasamento fra due segnali viene utilizzato in alternativa il modo X-Y attivabile dalla sezione di trigger, che però non riesce, se non tramite ulteriori accorgimenti, a dare informazioni sull'anticipo o sul ritardo del segnale di riferimento rispetto all'incognito e che può essere utilizzato solo con segnali sinusoidali.

Con questo metodo, uno dei due segnali è inviato alla sezione verticale e l'altro alla sezione orizzontale.

Le forme d'onda che si ottengono sono conosciute come **figure di Lissajous**, e da esse si ricavano informazioni sulla differenza di fase dei due segnali.

In figura 22 sono mostrati alcuni esempi di figure di Lissajous, per diversi valori dello sfasamento.

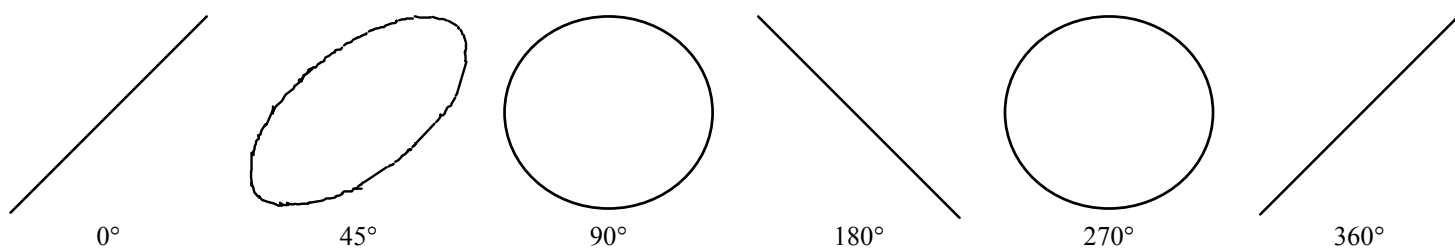


Figura 22

Per ottenere rilievi corretti occorre preventivamente posizionare lo spot del fascio di elettroni, una volta selezionato il modo XY e l'accoppiamento dei segnali d'ingresso in GND, esattamente al centro dello schermo, servendosi per questo dei comandi POSITION presenti nella sezione verticale di ciascun canale.

Solo dopo questa sistemazione è possibile riapplicare i segnali alle placche (accoppiamento in DC o AC, secondo le necessità dell'operatore).

In generale è possibile risalire allo sfasamento tra i due segnali tenendo conto che

$$\varphi = \arcsin (B / A)$$

dove A e B sono segmenti individuabili sullo schermo dell'oscilloscopio come da figura 23.

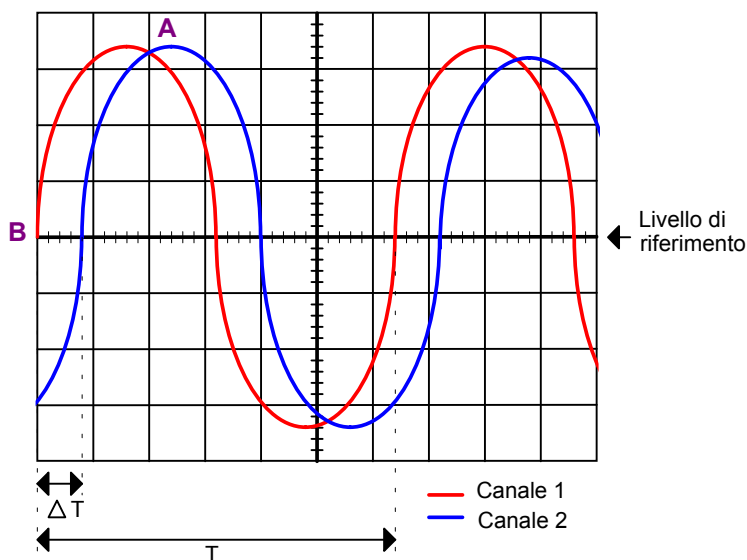


Figura 21

¹³ Questa affermazione è giustificata dal fatto che, come è possibile notare nella figura 21, il segnale presente sul canale 2 raggiunge il livello massimo **dopo** che è stato raggiunto dall'altro segnale (riferimento A).

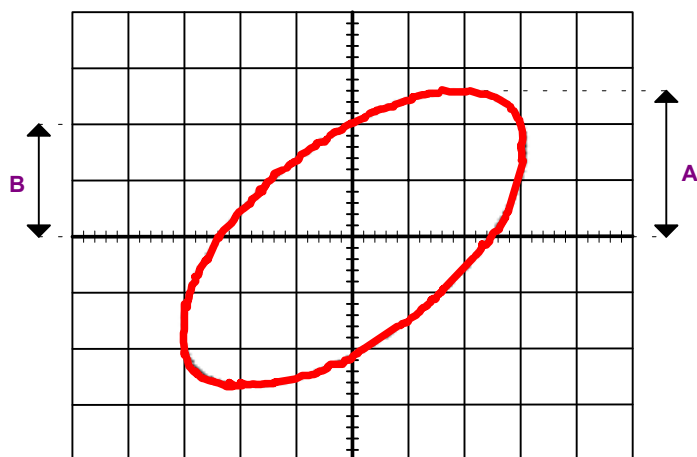


Figura 23

Misure del tempo di salita di un impulso (rise time)

Il tempo di salita è il tempo che un impulso impiega per passare dal 10% al 90% della sua altezza, dove per altezza s'intende la differenza fra il valore massimo ed il valore minimo della tensione dell'impulso.

Sugli schermi della maggior parte degli oscilloscopi sono presenti delle indicazioni relative al 10% ed al 90% di un valore predeterminato (figura 6).

Per eseguire il rilievo occorre, con riferimento alla figura 24,

- posizionare il livello di riferimento del segnale da analizzare in corrispondenza della linea del reticolo A (selettore AC-DC-GND in posizione GND, poi POSITION della sezione verticale relativo al canale in utilizzo);
- accoppiare il segnale ai circuiti di ingresso dell'oscilloscopio (selettore AC-DC-GND in posizione AC o DC secondo le necessità dell'operatore) e regolare i comandi della sezione orizzontale (POSITION) e del trigger (SLOPE, LEVEL) in modo da ottenere una visualizzazione stabile che parte in corrispondenza dell'inizio del fronte di salita dell'impulso (figura 24);
- regolare il comando VOLTS/DIV in modo da selezionare la prima posizione tale che il valore massimo dell'impulso superi la linea del reticolo B¹⁴;
- agire sul comando di regolazione fine dei VOLTS/DIV, in modo da sovrapporre il valore massimo della forma d'onda alla linea del reticolo B.

A questo punto l'operatore può procedere alla misura come indicato in figura 25, eventualmente aumentando la velocità della base tempi ed inserendo la magnificazione; al termine del rilievo è bene reimpostare correttamente il controllo di regolazione fine dei VOLTS/DIV e, se precedentemente modificato, il comando di magnificazione.

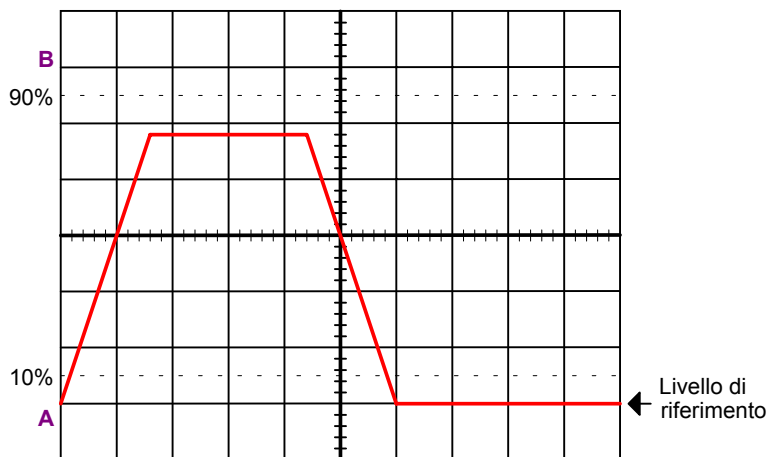


Figura 24

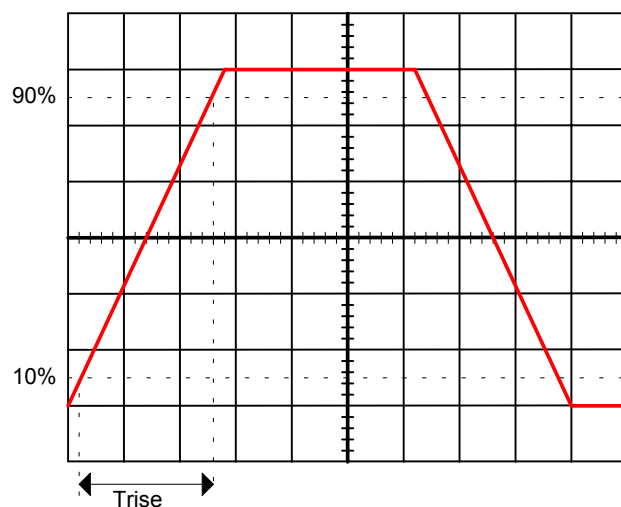


Figura 25

¹⁴ Potrebbe accadere che il settaggio su cui impostare il comando TIME/DIV sia tale che il livello alto dell'impulso scompaia dallo schermo (fascio di elettroni va che colpisce la parete del TRC): di questo non bisogna preoccuparsi, in quanto la successiva regolazione sistemerà la visualizzazione nel modo corretto.

APPENDICE A - IL COMANDO DI HOLDOFF

Non tutte le forme d'onda possono essere accettate come possibili sorgenti di trigger; questo sistema infatti non permette lo sgancio dell'asse tempi in diverse fasi, e precisamente:

- nel corso della scansione;
- durante il ritorno del pennello di elettroni alla sinistra dello schermo (ritraccia);
- durante un breve periodo di tempo di attesa susseguente, denominato *tempo di Holdoff* o semplicemente **Holdoff**, tale intervallo, normalmente di durata fissa, può essere variato entro certi limiti, tramite un opportuno comando, da parte dell'operatore.

Il tempo di ritorno della traccia (o ritraccia), come già detto, è il tempo necessario perchè il pennello di elettroni ritorni al lato sinistro dello schermo del tubo a raggi catodici, in modo da poter poi ripartire per una nuova scansione.

Il tempo di Holdoff *comporta un ulteriore tempo di attesa in più*, dopo la fine della scansione e la successiva ritraccia; durante questo periodo l'emissione di elettroni dal catodo del tubo a raggi catodici è interdetta.

L'inserimento di questo ritardo è giustificato da due motivi:

- dopo la scansione e la ritraccia, è necessario anche un breve tempo morto per il riassetto dei circuiti relativi all'asse - tempi, che devono ritornare nelle condizioni iniziali in modo da essere pronti a ricevere un altro comando di trigger ed a dare luogo ad una nuova scansione;
- per assicurare che si abbia una stabile visualizzazione della forma d'onda in esame, così come indicato in figura 26.

A volte, infatti, il normale tempo di Holdoff non è sufficiente, come durata, ad assicurare una visione stabile della traccia.

Ciò avviene soprattutto quando il segnale di trigger è costituito da una forma d'onda ripetitiva piuttosto complessa, nella quale il trigger può riconoscere più di un punto atto a sganciare l'asse tempi; in tal caso si possono, infatti, visualizzare una serie di forme d'onda in luogo dell'unica che si desidera che compaia sullo schermo.

Tipico al riguardo è il caso della serie ripetitiva d'impulsi digitali; ogni impulso, infatti, è uguale agli altri della serie e per conseguenza sono possibili vari punti di trigger.

Occorre allora avere un dispositivo che verifichi se un punto di trigger può o meno essere accettato come tale; questo dispositivo è appunto il circuito di Holdoff che tramite un suo specifico comando (**HOLDOFF**), può variare a piacere il tempo relativo di ritardo della scansione.

La figura 27 illustra l'utilità del comando di HOLDOFF nel caso di una serie ripetitiva di più impulsi di tipo digitale.

Grazie al suo utilizzo il "tempo morto" tra una scansione e l'altra può essere aumentato a piacere mediante un apposito regolatore; questa prestazione può rivelarsi di importanza decisiva proprio quando si verifici un'incertezza nel riconoscimento del fronte d'onda dal quale conviene ricavare il punto di trigger, fenomeno tipico del caso in esame.

In questo caso, come indicato in figura, può convenire estendere il tempo di HOLDOFF per buona parte della sequenza ripetitiva seguente a quella che ha provocato lo sgancio dell'asse - tempi.

Con quest'artificio operativo in pratica basta aumentare man mano con delicatezza il tempo di HOLDOFF perchè ad un certo punto sullo schermo cessi il tipico sdoppiamento della traccia, caratteristico dell'incertezza di trigger.

Una volta esaurita la necessità di questo ritocco nel tempo morto di scansione, conviene riportare al suo valore normale il tempo di HOLDOFF ruotando il relativo potenziometro sino all'inizio della corsa

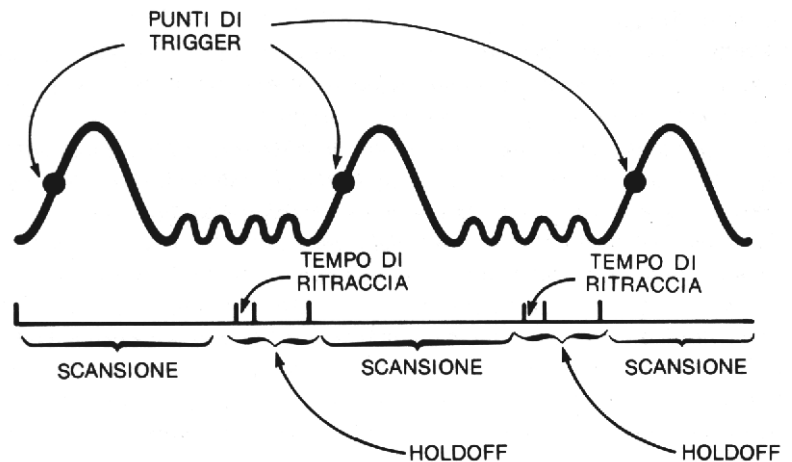


Figura 26

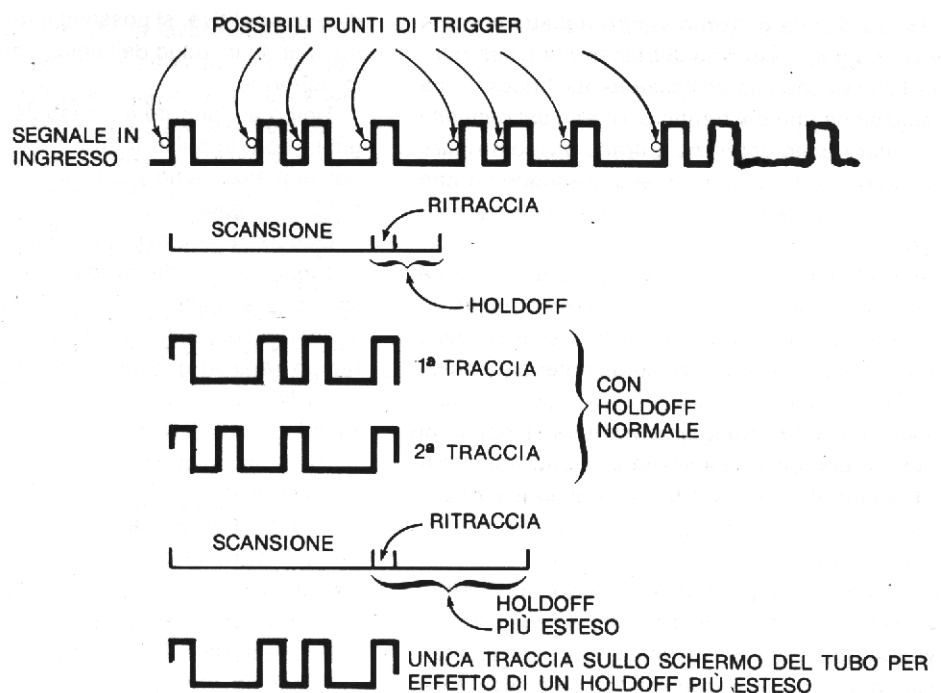


Figura 27

contrassegnata dalla dicitura NORM.

Un tempo di HOLDOFF eccessivo può, infatti, far sì che si abbia non una scansione per ogni forma d'onda in arrivo, ma ogni due o più forme d'onda; ciò può, di fatto, ridurre la luminosità della traccia a causa della minore frequenza di scansioni.

Quest'inconveniente avviene, nella pratica operativa, specie quando la velocità di scansione sia stata spinta al massimo per l'analisi dei particolari più minuti di una forma d'onda introducendo, se il caso, anche la magnificazione X10 della scansione.

In queste condizioni il dispositivo di regolazione automatica della luminosità della traccia arriva, infatti, al limite delle sue possibilità e, con un'eventuale regolazione del tempo di Holdoff non impostata al minimo, si potrebbe verificare una consistente riduzione di visibilità della traccia.