

# OSCILLOSCOPIO



da



La possibilità di rendere visibile una forma d'onda od un fenomeno transitorio, cosa indispensabile per lo studio ed il controllo di particolari circuiti, in special modo di quelli usati nei televisori, è data dall'oscilloscopio il quale ormai è entrato nella pratica corrente, non solo dei grandi laboratori ma anche dei più modesti. L'oscilloscopio, con la sua versatilità e prontezza, può rappresentare per il tecnico esperto un occhio in più, un qualche cosa di particolarmente sensibile che si può spingere in ogni punto del circuito e che fa vedere il funzionamento del circuito stesso. Tale strumento è perciò insostituibile nell'esame dinamico dei circuiti e per questo solo fatto ha un posto importante fra le apparecchiature di misura. L'oscilloscopio che vi illustreremo è stato studiato per ottenere tutte le prestazioni indispensabili per il servizio TV, cercando nello stesso tempo di avere un circuito di facile realizzazione e sicuro funzionamento.

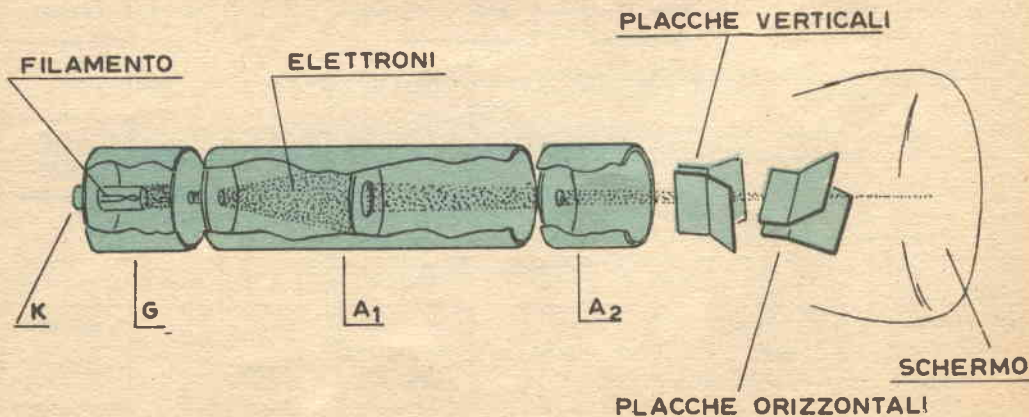


Fig. 1 - Schema di principio di tubo a raggi catodici.

## NOZIONI GENERALI

Prima di addentrarci nell'esame del circuito sarà bene vedere, cosa utile soprattutto per chi si trovi di fronte a tali strumenti per la prima volta, il problema dal punto di vista generale. L'oscilloscopio, come già si è detto, permette di vedere direttamente il comportamento di un dato punto del circuito in esame. Ciò è reso possibile dai recenti progressi costruttivi dei tubi elettronici.

Ma quello che resta per noi l'elemento base di tutto lo strumento è il tubo a raggi catodici. Il suo funzionamento è relativamente semplice, in quanto questo tubo ha gli elementi caratteristici di una valvola comune. Basta osservare la fig. 1 per rendersi conto della costituzione; da un catodo di forma particolare vengono emessi elettroni i quali sono concentrati in un fascetto alquanto ristretto ed obbligati, attraverso campi elettrici acceleratori, al bombardamento di uno schermo frontale sul quale sono stati depositi ossidi fluorescenti. Il bombardamento degli elettroni sullo schermo eccita la fluorescenza e perciò nel punto in cui essi cadono appare una piccola macchia luminosa. Questo fascio o pennello elettronico è in sostanza quello che durante il suo movimento ci disegnerà l'andamento del fenomeno in esame.

Lo spostamento (deflessione) del raggio catodico si è potuto ottenere disponendo lungo il percorso del raggio stesso elettrodi in senso verticale ed in senso orizzontale. Tali elettrodi, detti placchette orizzontali o verticali, attirano il raggio deviandone la traiettoria, che risulterà la componente

delle due attrazioni, esercitanti in senso verticale ed orizzontale.

Tutte le placchette del tubo catodico sono alimentate tramite un partitore opportuno, attraverso il quale vengono prelevate le tensioni che dovranno regolare il fuoco, la luminosità, lo spostamento verticale ed orizzontale del punto luminoso sullo schermo. Applicando alle placchette le tensioni da esaminare, avremo una retta per la tensione continua e forme d'onda varie per la tensione alterata. Queste rette ed alternanze si osserverebbero una sola volta e molto rapidamente sullo schermo, se non vi fosse un opportuno circuito atto a ripetere infinite volte, con una certa frequenza, il tracciato del pennello catodico, permettendo così la visione ferma della figura.

Tale circuito, che prende il nome di generatore della base tempi, fornisce una certa tensione a dente di sega la quale è applicata alle placchette orizzontali; il pennello elettronico avrà così uno spostamento costante di andata e ritorno, con una certa frequenza, sull'asse orizzontale. Con questo circuito, per poter vedere un certo fenomeno basta applicare la tensione da misurare alle placchette verticali perchè la componente istantanea delle due tensioni faccia vedere sullo schermo il percorso del punto luminoso.

La persistenza luminosa degli ossidi colpiti ed il continuo passare delle tracce su essi permette la visione del fenomeno incognito. Per maggior chiarezza della figura si pensa poi a cancellare il rapido percorso di ritorno del raggio al punto di partenza. La formazione e la focalizzazione del fascio richie-

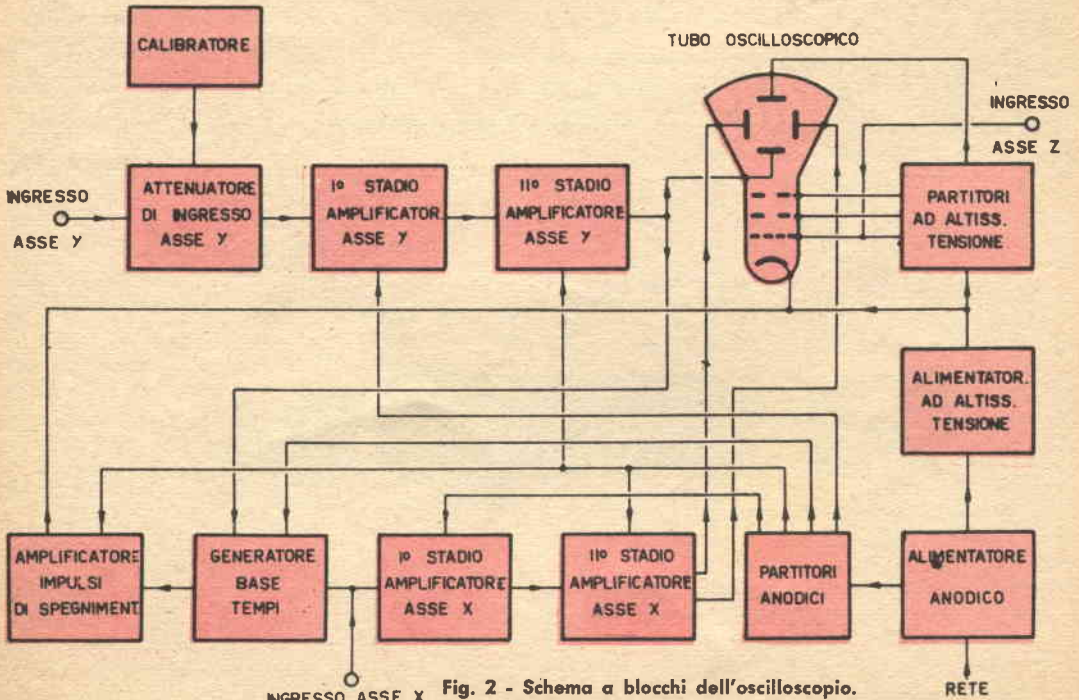


Fig. 2 - Schema a blocchi dell'oscilloscopio.

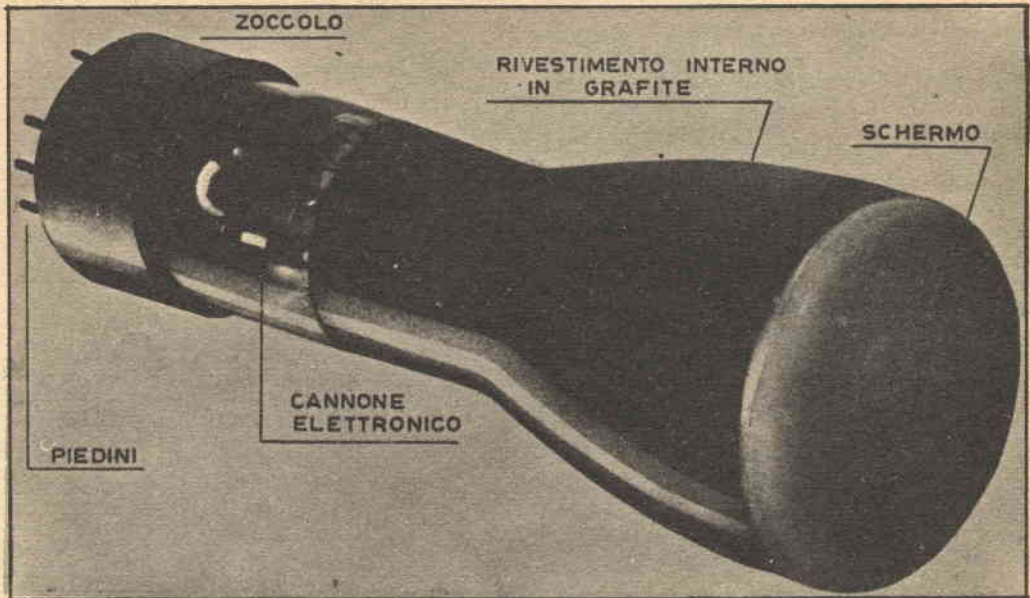


Fig. 3 - Tubo a raggi catodici usato nell'apparecchiatura.

dono tensioni assai alte, per cui il raggio viene sottoposto a campi elettrici molto intensi.

Se si applicano direttamente alle placchette deviatrici le tensioni da misurare, queste dovranno essere molto elevate per vincere il fascetto elettronico fortemente accelerato: solo in questo caso si avranno deflessioni apprezzabili. Ne consegue che per avere un oscilloscopio molto sensibile è necessario amplificare la forma d'onda da osservare prima di applicarla alle placchette deflettrici. Ogni amplificatore sarà preceduto da opportuni attenuatori che attenueranno la tensione in ingresso per dare la possibilità di analizzare, sul tubo oscilloscopico, sia l'andamento completo della tensione in esame sia una sola parte di essa.

Passiamo ora ad esaminare le caratteristiche dell'oscilloscopio che illustreremo nel presente articolo e in quello che apparirà sul prossimo numero.

#### LIMITI E CARATTERISTICHE TECNICHE

Lo strumento ha le caratteristiche necessarie per raggiungere lo scopo per cui è stato progettato:

- Alimentazione dalla rete a 50 Hz con cambiattensioni del tipo universale da 110 V a 220 V.
- Possibilità di ingresso sull'asse X, Y, Z mediante le boccole disposte sul pannello frontale.
- Regolazione manuale dello spostamento verticale ed orizzontale del pannello catodico.
- Regolazione del fuoco e della sua intensità luminosa.
- Regolazione degli amplificatori verticali ed orizzontali.

- Amplificatori a due stadi per gli assi X e Y, aventi una risposta lineare fra 8 Hz ed 1 MHz.
- Attenuatore compensato di ingresso dell'asse Y con regolazione della sensibilità a 1/1, 1/10, 1/100.
- Regolazione del sincronismo verticale.
- Sensibilità massima dell'oscilloscopio sull'asse Y pari a circa 300 mm/V eff.
- Impedenza d'ingresso verticale ed orizzontale molto elevata (da 1 a 3 MQ).
- Regolazione di scansione dell'asse X in quattro gamme con frequenze rispettivamente da 8 Hz a 100 Hz, da 60 Hz a 800 Hz, da 700 Hz a 9 kHz, da 3.500 Hz a 50 kHz.
- Possibilità per una base dei tempi esterna ed una sinusoidale a 50 Hz.
- Possibilità di espansione della traccia orizzontale superiore al doppio dello schermo.
- Sensibilità massima dell'oscilloscopio sull'asse X pari a circa 50 mm/V eff.
- Dispositivo calibratore interno con onda rettangolare per la misura del valore da picco a picco delle tensioni applicate all'asse Y, con regolazione continua della tensione di calibratura e possibilità di controllo diretto mediante voltmetro.
- Tubo oscilloscopico tipo 3 BP 1 di tre pollici di diametro, pari a circa 76 mm di schermo.
- Nove funzioni di valvole più due raddrizzatori al germanio.
- Sonda con 1/10 di attenuazione della tensione applicata.

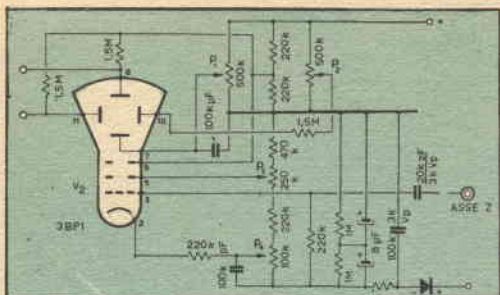


Fig. 4 - Schema elettrico usato per la alimentazione del tubo oscillografico.

- Realizzazione nelle dimensioni di 180 mm di larghezza  $\times$  30 mm di lunghezza  $\times$  270 mm di altezza, con maniglia per il trasporto.

## IL CIRCUITO

Lo schema a blocchi dell'oscilloscopio (fig. 2) inquadra immediatamente la disposizione e la sequenza delle varie catene di circuiti che costituiscono l'insieme dello strumento.

Infatti notiamo che le griglie del tubo a raggio catodico sono alimentate da una serie di partitori con tensioni abbastanza elevate, in quanto tali devono essere per poter focalizzare e quindi dirigere il finissimo pennello elettronico. Le placchette deviatrici a loro volta sono alimentate attraverso una serie di amplificatori, in modo che sia possibile la visione dei fenomeni entro una vasta gamma di tensioni applicate sia all'asse X sia all'asse Y. Un generatore per la tensione a dente di sega ed un amplificatore per il sincronismo sono immessi nel circuito per la completa visione del fenomeno.

Allo scopo di rendere, per quanto possibile, accessibile a tutti il complesso dell'oscilloscopio, suddivideremo in gruppi i vari circuiti.

**TUBO OSCILLOSCOPICO** — Il tubo a raggi catodici che viene adoperato è del tipo americano, contrasse-

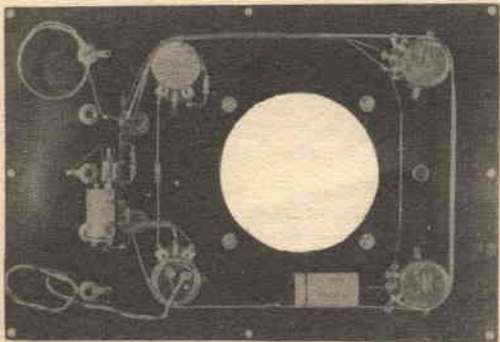


Fig. 5 - Parziale montaggio del pannello frontale per la sistemazione dei comandi principali del pennello elettronico.

gnato dalla sigla 3 BP 1. Esso è stato scelto per le caratteristiche particolarmente favorevoli alla costruzione di un oscilloscopio di alta qualità e di dimensioni ridotte (fig. 3). Infatti il diametro dello schermo è di 76 mm, con una lunghezza totale di circa 254 mm.

Lo schermo stesso ha un raggio di curvatura così grande che praticamente lo si può ritenere piano, il che è molto importante in quanto si può avere una percezione ben definita della figura sino ai bordi. La fosforescenza di colore verde è particolarmente gradita, in quanto non dà luogo a fenomeni di affaticamento a chi per ragioni di lavoro sia obbligato alla continua osservazione. La sua persistenza inoltre è sufficiente per avere una buona visione anche dei fenomeni più lenti e tale da non disturbare con una eccessiva formazione di code sullo schermo.

L'alimentazione del tubo oscilloscopico avviene prelevando una tensione di circa 600 V eff, la quale si ottiene attraverso un raddrizzatore al selenio e viene opportunamente filtrata. Come più sopra detto, l'utilizzazione del fascio di elettroni emessi dal catodo è possibile se tale fascio viene concentrato e regolato in modo opportuno. Dovremo quindi avere un comando di intensità luminosa, un comando di fuoco (per focalizzare la traccia sullo schermo) e due comandi relativi allo spostamento del punto luminoso rispettivamente in senso verticale ed in senso orizzontale.

A questi si deve aggiungere una tensione di accelerazione degli elettroni, il cui scopo evidente è quello di imprimere ad essi una elevata velocità, affinché effettuino il percorso completo fra catodo e schermo fluorescente. Questi comandi si ottengono mediante campi elettrici che si realizzano applicando varie tensioni agli elettrodi del tubo. Nel nostro schema (fig. 4) la tensione totale necessaria al partitore è ottenuta sommando la tensione positiva fornita dall'alimentatore anodico a quella del raddrizzatore al selenio. Tale somma è possibile se vi è un punto in comune; questo punto è la massa. Ne consegue che i potenziometri P 1 e P 2, rispettivamente per lo spostamento verticale ed orizzontale, si trovano ad una tensione positiva rispetto a massa, mentre la catena di cui fanno parte P 3 e P 4 (rispettivamente per il fuoco e la luminosità) è a tensione negativa rispetto a massa.

Le due regolazioni, a causa di questa disposizione, si trovano a tensioni negative piuttosto elevate, ma ciò non comporta difficoltà nella realizzazione pratica salvo un accurato isolamento dei collegamenti. L'elettrodo acceleratore è collegato al centro del partitore di tensione alimentarlo dal positivo della tensione anodica per portarlo allo stesso potenziale delle placchette deflettrici.

In questo modo la tensione anodica del tubo è data dalla somma della tensione negativa e di quella positiva dell'elettrodo acceleratore e ciò permette di ridurre la tensione negativa di circa il 15% rispetto al valore della tensione anodica richiesta, con considerevole risparmio economico sul raddrizzatore al selenio e maggior sicurezza di funzionamento dei condensatori di filtro.

(continua al prossimo numero)

da

## CIRCUITO PER L'ASSE X

Il circuito per l'asse X è costituito da due stadi amplificatori, uno di ingresso e l'altro finale. La presenza dello stadio di ingresso è giustificata dalla necessità di avere una elevata impedenza sullo stadio successivo. Tale stadio non è un comune amplificatore, ma un particolare tipo denominato *trasferitore catodico*.

All'uscita di questo stadio si può assorbire una potenza notevole senza che tale assorbimento si rifletta sullo stadio precedente collegato alla griglia. Il trasferitore catodico si comporta, per il carico utile, come un generatore avente una piccola resistenza interna.

Se si analizza il funzionamento del primo triodo del circuito di *fig. 1*, si nota che, quando si applica una tensione crescente alla griglia del tubo, si provoca un aumento della corrente anodica ed il conseguente aumento della tensione sul catodo. Si può affermare, quindi, che la tensione catodica segue fedelmente la tensione applicata alla griglia, purché sia opportunamente scelto il valore del resistore posto sul catodo. Si consegue, con questa disposizione, il vantaggio di avere sempre la stessa tensione ma su un circuito ad impedenza più bassa.

A questo proposito, si può confrontare il valore del resistore di griglia con quello di catodo. L'uscita di questo stadio è collegata, tramite un grosso condensatore, al potenziometro di ingresso del secondo amplificatore. Il potenziometro usato è di valore relativamente basso (circa 25 k $\Omega$ ) e questo si traduce in un miglioramento nella risposta del circuito alle frequenze



elevate. Lo stadio successivo è costituito da due triodi di una 12 AX 7 ed il loro circuito costituisce un amplificatore differenziale per la deflessione simmetrica del pennello orizzontale.

Il principio di funzionamento può essere spiegato seguendo la *fig. 2*, nella quale si può osservare che la tensione applicata alla griglia del triodo T1 produce una variazione della corrente del tubo stesso e, di conseguenza, una variazione della caduta di tensione ai capi della resistenza catodica.

Questa resistenza fa parte anche del circuito del secondo triodo il quale ha una tensione di griglia fissa; quindi la variazione in T1 corrisponde ad una variazione in T2 ma in senso contrario, ed alle placche dei due tubi la tensione varierà in opposizione; aumentando nella prima diminuirà nella seconda e viceversa. Questa variazione di tensione viene trasferita, tramite i condensatori di accoppiamento, alle placche di deflessione del tubo oscilloscopico. Vedremo più avanti, analizzando il circuito, come avviene questa variazione.

## CIRCUITO PER L'ASSE Y

La catena per l'amplificazione dell'asse Y, verticale, è costituita da due stadi d'amplificazione e preceduta da un opportuno circuito attenuatore. La necessità di un attenuatore posto prima dello stadio d'ingresso è naturalmente ovvia, in quanto la tensione in ingresso dovrà essere opportunamente regolata in intensità prima di essere applicata al tubo oscilloscopico e questa attenuazione dovrà essere esattamente conosciuta per poter conoscere la tensione di lettura.

Si è giunti così, tramite un commutatore, a selezionare il rapporto di riduzione con cui si attenua la tensione da applicare all'ingresso del primo stadio amplificatore. Con tale disposizione si realizza facilmente un compromesso fra le seguenti esigenze:

- elevata impedenza dell'attenuatore;
- compensazione per le frequenze elevate e, quindi, regolarità di funzionamento su un'ampia gamma;
- precisione del rapporto di riduzione.

Con un commutatore che abbia un notevole numero di posizioni si può ottenere una suddivisione della tensione di ingresso sufficientemente fine, tale da soddisfare ogni necessità pratica. Lo schema di *fig. 3* rappresenta tutto il canale dell'asse verticale.

L'attenuazione in ingresso è regolata in modo da ridurre il segnale applicato di 1/100, di 1/10 oppure lasciarlo senza alcuna riduzione, ossia con rapporto eguale ad 1.

Una quarta posizione prevede l'inclusione di un segnale di ingresso noto proveniente da un circuito calibratore per la calibratura dell'amplificatore verticale. Si entra così con segnale noto nel primo stadio di ingresso dell'amplificatore verticale costituito dalla sezione triodo di una 6U8. Questo stadio è progettato in modo da ottenere una banda passante di larghezza non inferiore a quella ottenuta con lo stadio successivo, il quale nel nostro caso è realizzato con la parte pentodo della stessa valvola.

Il circuito è classico, con polarizzazione

automatica sul catodo, e la tensione di griglia schermo di quest'ultima parte è ricavata tramite un resistore dall'anodica massima. Si può notare che la resistenza di carico sull'anodo del pentodo è molto bassa per tale tipo di valvola, che richiederebbe valori elevati per ottenere una buona amplificazione. Esiste però in questo circuito una esigenza importante, alla quale si è sacrificata l'amplificazione: la linearità di risposta in funzione della frequenza.

Un amplificatore per oscilloscopio ad uso televisivo deve amplificare con fedeltà segnali a fronte ripido e perciò deve avere una amplificazione uniforme nella zona compresa fra 10 Hz e 1 MHz. La difficoltà di progetto sta appunto nell'ottenere una banda larghissima di amplificazione uniforme.

## SCANSIONE E SPEGNIMENTO

Abbiamo già detto che il pennello elettronico per poter tracciare una linea sullo schermo dovrà muoversi da un lato all'altro del tubo catodico.

Questo movimento è fornito da un apposito circuito generatore per la base tempi. Lo schema di principio può essere quello di *fig. 4*. Quando il potenziale del catodo diventa inferiore al potenziale di griglia, ciò significa che il condensatore C si sta scaricando: il tubo T1 comincia a condurre e la conseguente corrente anodica produce una caduta di potenziale ai capi della resistenza di carico. Questa variazione di tensione, prelevata mediante  $C_p$ , amplificata ed invertita di senso nel tubo T2, riportata alla griglia del tubo T1 aumenta l'effetto di conduzione del tubo obbligandolo a condurre con la massima intensità. Tale processo dura pochissimo (qualche microsecondo), dopo di che si ha una nuova carica del condensatore C. Con la carica del condensatore la tensione al catodo di T1 sale fino a quando diventa superiore a quella di griglia, provocando così una riduzione della corrente di carica. Si inizia una nuova fase ed il tubo T1 è portato all'interdizione, cosicché il condensatore C può liberamente scaricarsi sul resistore R iniziando il ciclo.

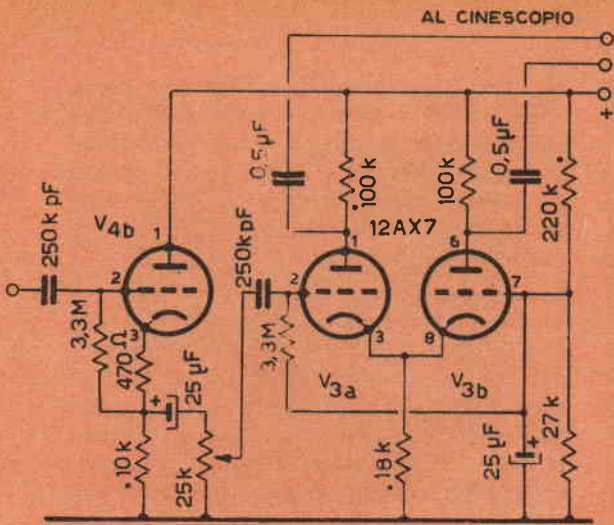


Fig. 1 - Schema elettrico per il circuito dell'asse X

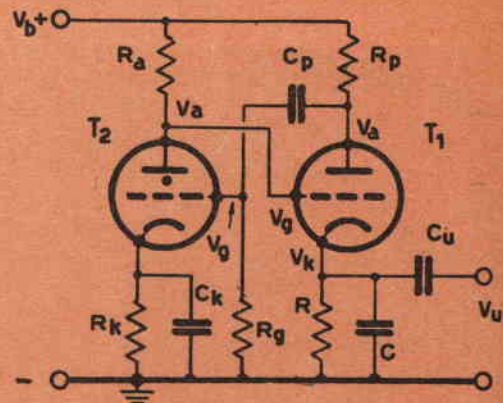


Fig. 4 - Schema di principio del generatore per la base tempi.

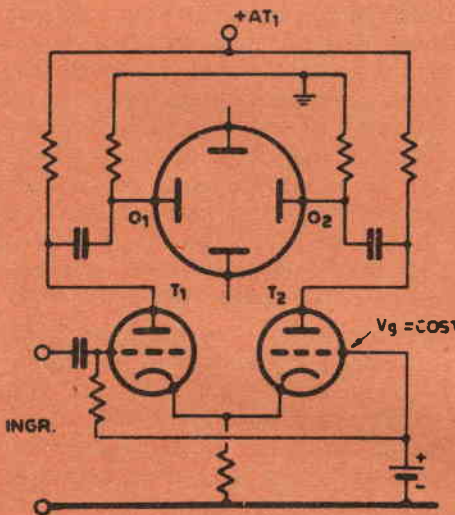


Fig. 2 - Principio di funzionamento di amplificatore differenziale.

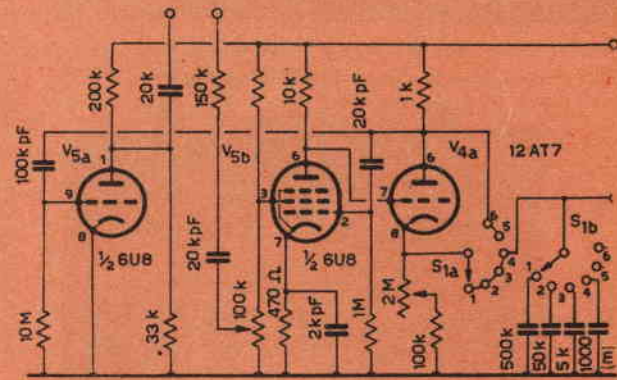


Fig. 5 - Schema elettrico del generatore della base tempi e di soeignimento del ritorno.

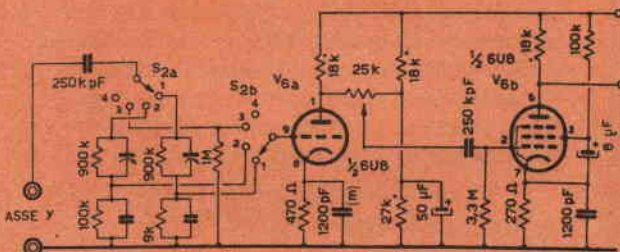


Fig. 3 - Schema elettrico per il circuito dell'asse Y.

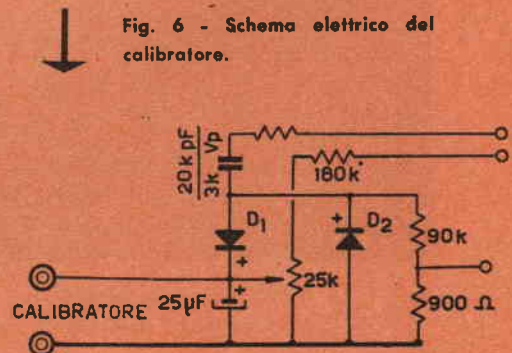


Fig. 6 - Schema elettrico del calibratore.

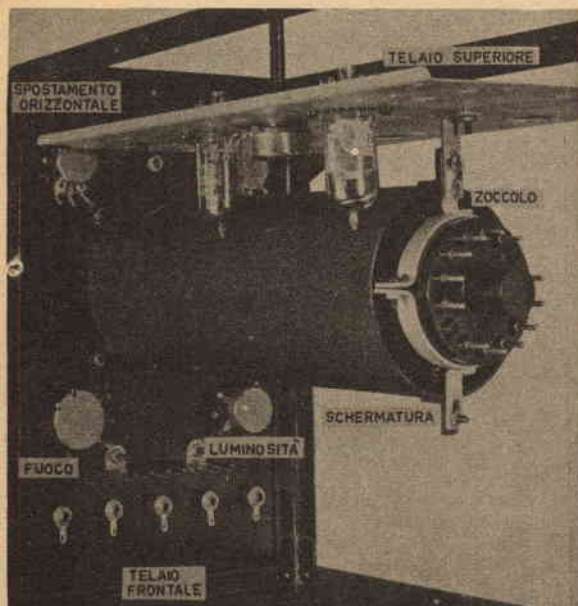


Fig. 7 - Telaio frontale e telaio superiore in fase di montaggio.

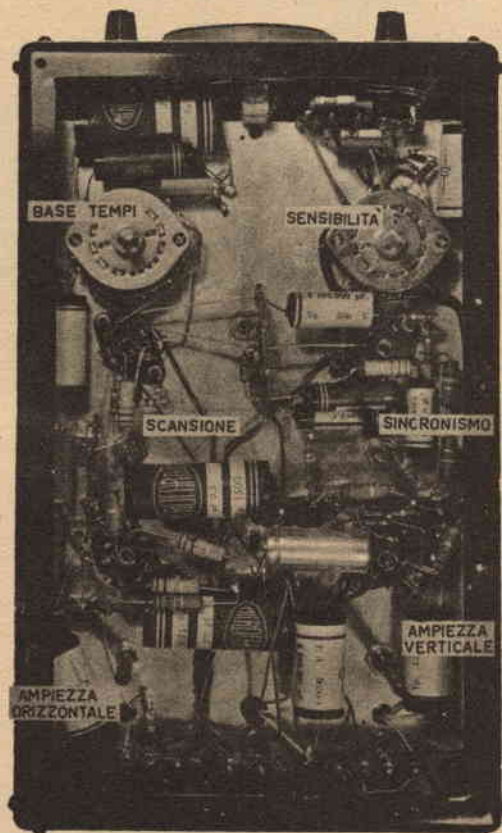


Fig. 8 - Vista del montaggio del telaio superiore.

La durata del tempo di carica deve essere circa 1/10 del tempo di scarica, vale a dire che il tempo di ritorno della traccia sull'oscilloscopio sarà 1/10 del tempo attivo. Lo schema per il generatore della base tempi e per il circuito di spegnimento è quello di *fig. 5*.

Per la base tempi si usano un triodo e un pentodo, rispettivamente sezioni di una 12 AT 7 e di una 6 U 8, e un commutatore per inserire diversi valori della capacità C. Con questa commutazione si ottengono quattro gamme di funzionamento entro le quali la regolazione fine della frequenza di scansione si ottiene variando il valore della resistenza di scarica.

Nel nostro schema tale resistenza, come si vede, è formata da un potenziometro da 2 MΩ in serie ad un resistore. La commutazione permette di avere scansioni del pennello con frequenza da 8 Hz a 50 kHz. Malgrado il moto della traccia nel percorso di ritorno sia rapido, la luminosità di questa permane tale da dar noia per esaminare forme d'onda particolari. È preferibile eliminarla e ciò si ottiene nell'oscilloscopio in esame rendendo più positivo il catodo rispetto alla griglia durante la fase di ritorno, il che equivale a rendere più negativa la griglia e, quindi, a ridurre l'intensità della traccia luminosa.

Per questo circuito viene usato un triodo 6 U 8, il quale è comandato da un impulso negativo prelevato sull'anodo del tubo 12 AT 7. Tale impulso si manifesta durante la fase di carica del condensatore posto nel generatore della tensione di scansione. Per questo motivo l'impulso è sicuramente sincronizzato con la tensione a dente di sega ed è di durata esattamente uguale a quella del tratto di ritorno. Questo segnale quindi viene amplificato e inviato al catodo del tubo 3 BP 1.

Lo stadio amplificatore non amplifica linearmente, in quanto occorre che la tensione di griglia sia sufficiente a mandare decisamente il tubo all'interdizione; perciò la tensione anodica è mantenuta a valore ridotto mediante un carico di 200 kΩ.

## IL CALIBRATORE

Nell'uso pratico dell'oscilloscopio a volte è di fondamentale importanza l'ampiezza di



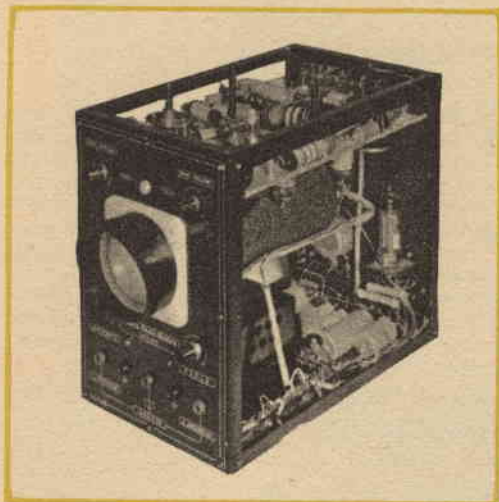


Fig. 9 - Presentazione complessiva del montaggio dell'oscilloscopio.

una forma d'onda qualsiasi; ciò si può ottenere solo mediante un dispositivo di calibratura.

Nell'oscilloscopio in esame il problema della calibratura è stato risolto realizzando un circuito con forma di tensione tale da essere facilmente confrontabile con l'incognita. Inoltre il dispositivo è stato sistemato nell'interno dell'oscilloscopio per rendere semplice l'esecuzione della misura. Il circuito è quello di *fig. 6*, ove la tensione di polarizzazione del diodo D1 è regolata mediante un potenziometro ed è misurabile ai capi di questo.

La tensione in uscita è ridotta di 100/1, per evitare saturazione del primo stadio amplificatore dell'asse Y, tramite un partitore di due resistori. I due diodi D1 e D2 tagliano rispettivamente la semionda positiva e negativa ad un livello eguale e facilmente misurabile ai capi del cursore del potenziometro, così da renderne possibile il confronto con la grandezza da misurare.

## LA REALIZZAZIONE PRATICA

Passato in rassegna lo schema generale dell'oscilloscopio nei suoi vari circuiti particolari, vediamo ora la realizzazione pratica.

Le dimensioni dello strumento sono relativamente modeste e nello stesso tempo si è tenuto conto di alcune esigenze costruttive proprie degli oscilloscopi. Il circuito viene montato su diversi telai che vengono poi collegati ad una intelaiatura costituendo così l'apparecchio completo. Il loro facile fissaggio e la semplicità della realizzazione fanno di questo oscilloscopio un modello ben riuscito.

Il montaggio si inizia dal telaio di base, sul quale è montata tutta l'alimentazione con i rispettivi partitori di tensione; successivamente si monta il telaio frontale ed infine il telaio superiore. Per evitare che flussi dispersi del trasformatore, a sua volta schermato, vengano a influire sul tubo oscilloscopico, quest'ultimo viene schermato con un tubo cilindrico e fissato al pannello frontale (*fig. 7*) insieme alla mascherina frontale posta sul davanti del pannello. Tale mascherina serve sia per centrare il tubo oscilloscopico sia per adempiere ad una ben specifica funzione estetica.

I comandi di luminosità, di fuoco e degli spostamenti verticale ed orizzontale sono sistemati sul pannello frontale con le rispettive entrate per l'asse X, Y, Z. Tutti gli altri comandi sono posti sul telaio superiore il quale, eccettuata l'alimentazione, contiene i circuiti più importanti dell'oscilloscopio.

Infatti è proprio sul telaio superiore che vengono montati i circuiti descritti precedentemente; dalla *fig. 8* si può vedere la loro semplice disposizione e l'ottima presentazione.

Questo strumento, le cui caratteristiche tecniche, già descritte nel numero precedente di « Radiorama », raggiungono quelle dei migliori apparecchi nazionali ed esteri, è oggetto della prima parte (primi 21 gruppi di lezioni con 5 serie di materiali) del corso TV per corrispondenza distribuito dalla Scuola Radio Elettra. Il costo di ciascun gruppo (tubi compresi) è di L. 2.900 più spese postali

I materiali e le istruzioni di montaggio possono essere richiesti in controassegno alla stessa Scuola Radio Elettra - Via Stelzone 5 - Torino, al prezzo di L. 60.900 più spese postali .

\*