



Che cos'è

Come è fatto

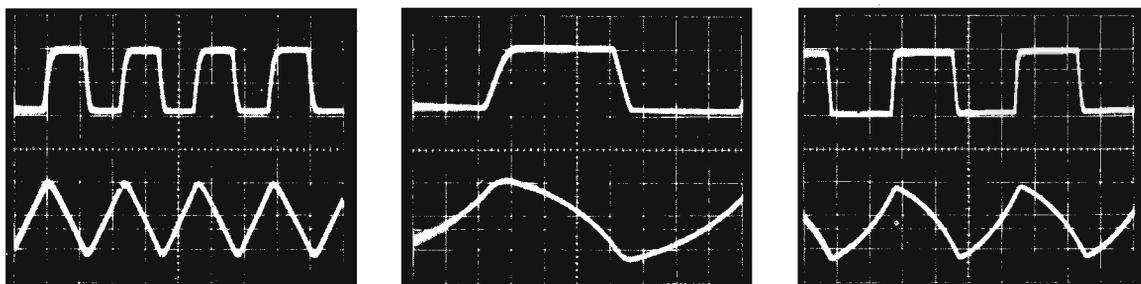
A cosa serve

OSCILLOSCOPIO

Sono pochi i lettori di questo periodico che, nel loro laboratorio hobbystico, posseggono l'oscilloscopio. Ma alcuni pensano di acquistarlo quanto prima, mentre i più, almeno durante le fasi iniziali della loro attività, vogliono conoscere, sia pure a grandi linee, la struttura e l'impiego di quello che viene ritenuto il più famoso fra gli strumenti elettronici. A costoro quindi ci rivolgiamo, con una certa sequenza di note informative, più o meno illustrate, ma sicuramente in grado di soddisfare la curiosità di molti. Cominciamo dunque col ricordare che l'oscilloscopio è un apparato che consente di visualizzare, sullo schermo di un cinescopio, tutti i fenomeni elettrici e non soltanto questi e che la sua ridotta diffusione nel mondo dilettantistico è da attribuirsi principalmente al prezzo troppo elevato per molte borse. Anche se la disponibilità

di questo meraviglioso strumento, che trasforma i segnali elettrici in precisi disegni, nettamente definiti e ben visibili su uno schermo, piacevolmente colorato di verde, non sempre rimane un puro ed illusorio vagheggiamento di un bene irraggiungibile. Dato che, molti appassionati, rinunciando alle più grandi generali caratteristiche di professionalità dell'apparecchio, riescono a procurarselo, a basso prezzo, sui mercati surplus o in quelli dell'usato. Dove un oscilloscopio, con risposta di frequenze fino a 10 MHz ÷ 20 MHz, monotraccia o a doppia traccia, si può facilmente acquistare al prezzo di 250.000 ÷ 300.000 lire, ma dove si possono anche trovare strumenti a prezzi molto più bassi, che noi tuttavia sconsigliamo di comperare.

Esiste peraltro un ulteriore motivo, che intimidisce il dilettante nell'avvicinarsi in qualche mo-



do all'oscilloscopio: la presenza dei troppi elementi di comando sul pannello frontale dello strumento, molti dei quali, occorre affermarlo fin d'ora, assai raramente vengono utilizzati, perché servono esclusivamente ed occasionalmente per esaminare particolari segnali elettrici, che non possono riguardare l'hobbysta, ma interessano solamente i tecnici professionisti.

COMANDI ESSENZIALI

Tra le molte unità di pilotaggio, ordinatamente ammassate sull'esiguo spazio del pannello di comando dell'oscilloscopio, come del resto è immediatamente rilevabile osservando i modelli professionali pubblicati nelle figure 1 e 2, ve ne sono alcune che possiamo definire essenziali e che sono proprio quelle che il principiante di

elettronica deve conoscere. Perché mediante opportune manovre su tali elementi, si mette in funzione l'oscilloscopio e si analizzano i segnali elettrici più semplici. Prendiamo quindi in considerazione il disegno di figura 3, che interpreta, nella maniera più elementare, la disposizione di alcune manopole e pochi commutatori sulla parte anteriore di un ipotetico oscilloscopio di espressione didattica. Da questo disegno, poi, estrapoliamo alcune parti, quelle pubblicate nelle figure 4 - 5 - 6, onde evitare confusioni nella mente del lettore e facilitare la seguente esposizione.

Sulla sinistra di figura 4, sono presenti tre manopole, sulla destra è applicato un pulsante.

Le corrispondenti diciture sono:

FOCUS	= fuoco
LUM.	= luminosità
POS.	= posizione
ON	= accensione

Prima di acquistare l'oscilloscopio, ogni hobbysta deve conoscere, almeno teoricamente, la composizione interna ed esterna di questo importante strumento, i cui principali elementi di comando vengono dettagliatamente descritti nel presente articolo.

Su questi quattro elementi deve essere indirizzata, inizialmente, l'attenzione di chi ci sta seguendo. Perché con il pulsante si accende l'oscilloscopio, talvolta con l'illuminazione dello schermo situato in posizione centrale di figura 4, con la manopola di FOCUS si mette a fuoco, sul reticolo, il disegno relativo al segnale elettrico esaminato, con quella denominata LUM. si regola la luminosità della traccia oscilloscopica e con la terza, POS., si posiziona la traccia in senso verticale.

Lo schermo del cinescopio è dotato di un reticolo quadrettato nella misura di 1 cm, al quale si fa riferimento, sia per valutare i processi di amplificazione, sia per il computo dei tempi.

Passiamo ora ad interpretare la parte riportata in figura 5, che propone la zona di comandi presenti a sinistra, in basso di figura 3. I tre

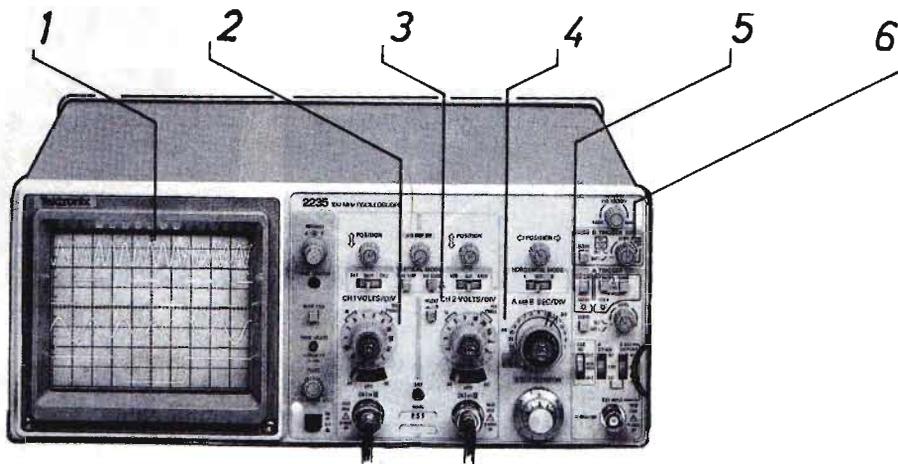


Fig. 1 - Modello di oscilloscopio di produzione TEKTRONIX per usi professionali, con banda passante fino a 60 MHz, in grado di visualizzare quattro tracce di altrettanti segnali diversi. Gli elementi principali sono: schermo (1); primo canale vert. (2); secondo canale vert. (3); base dei tempi e comandi orizz. (4); comandi secondari (5); comandi trigger (6).

comandi recano le seguenti scritte:

AC - GDN - DC = alternata - massa - continua
 INPUT Y = ingresso asse Y
 VOLT/DIV. = amplificazione in entrata

Il commutatore a slitta, quando viene posizionato in AC, inserisce in entrata un condensatore, che favorisce il transito dei segnali alternativi, mentre blocca quelli in corrente continua.

Quando il commutatore è spostato verso il basso (DC), l'oscilloscopio analizza i segnali continui o, comunque, quelli contenenti una componente continua significativa.

Se il commutatore si trova in posizione centrale, l'ingresso dell'amplificatore viene cortocircuitato verso massa, consentendo inoltre di ottenere un livello zero di riferimento della traccia.

La manopola VOLT/DIV. stabilisce l'entità dell'amplificazione in entrata. Ad esempio, se questa è ruotata su .2, pari a 0,2, ogni quadratino del reticolo misura 0,2 V, ovvero, ad un centimetro di lato corrisponde la tensione di 0,2 V. Analogamente, se il segnale applicato sviluppa, in senso verticale, un disegno alto tre quadretti, cioè tre centimetri, la tensione di quel segnale vale:

$$0,2 \times 3 = 0,6 \text{ V}$$

Concludendo, alle rotazioni verso destra della manopola, dove sono impressi i numeri più bassi, corrisponde una maggiore sensibilità dell'oscilloscopio. Per esempio, quello di 20 mV rappresenta già un buon valore per l'hobbysta.

Se in figura 5 sono stati raggruppati gli elementi che riguardano la sezione dell'ingresso verticale, quella dell'asse Y dell'oscilloscopio, la figura 6 illustra la zona dei comandi relativi all'ingresso orizzontale (asse X).

In questa parte del pannello dello strumento appare la manopola con la scritta POS., che consente di spostare la traccia in senso orizzontale. Il deviatore INT.erno - EXT.erno commuta il pilotaggio dello spostamento della traccia su due sistemi di pilotaggio diversi, quello con segnale interno e l'altro con segnale esterno. Quest'ultimo deve essere comandato da un generatore dei tempi, di tipo a denti di sega, che viene regolato con la manopola TIME. Per esempio, se la manopola è ruotata sul valore di 50 μ S, ciò significa che, nel tempo di 50 microsecondi, viene coperto un quadratino di un centimetro di lato.

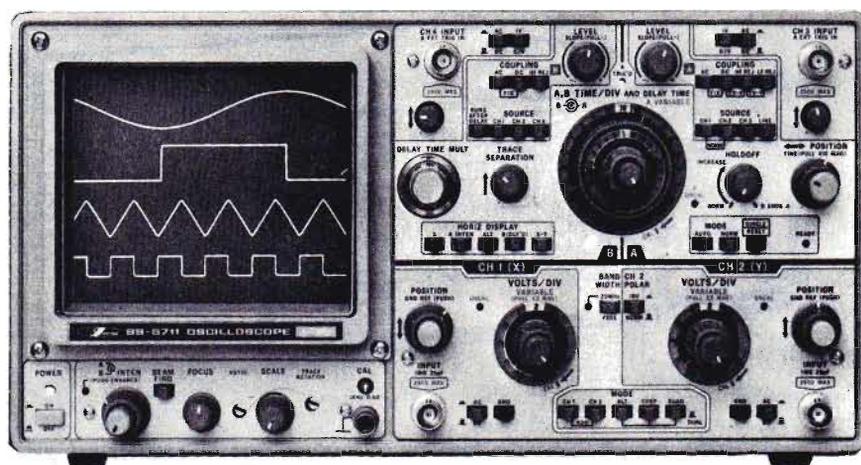


Fig. 2 - Oscilloscopio IWATSU per laboratori di alta professionalità. Si noti il gran numero di elementi di pilotaggio dello strumento, che solo un tecnico provetto può essere in grado di manovrare.

CIRCUITI INTERNI

Gli stadi principali, che compongono i circuiti interni dell'oscilloscopio, sono illustrati nello schema a blocchi di figura 7. Questi sono così chiamati:

AMPLIFICATORE VERTICALE
AMPLIFICATORE ORIZZONTALE
GENERATORE DEI TEMPI
ALIMENTATORE ALTA TENSIONE
ALIMENTATORE BASSA TENSIONE
TUBO A RAGGI CATODICI

All'amplificatore verticale vengono inviati, attraverso il bocchettone d'entrata verticale EV, i segnali da analizzare. I quali vengono dapprima amplificati e poi applicati alle placchette verticali del tubo a raggi catodici.

La sensibilità delle placchette di deflessione è dell'ordine di 20 o 30 V, ma la tensione da misurare non assume generalmente questo valore. Ecco perché deve essere sottoposta ad un processo di amplificazione prima di raggiungere gli elettrodi del cinescopio. Tuttavia è abbastanza agevole ottenere un'amplificazione che consenta una deflessione di 1 cm con una tensione d'entrata, ad esempio, di 100 mV. Si dice allora

che l'amplificatore ha una sensibilità di 100 mV.

Se la tensione da misurare è eccessivamente grande per l'amplificatore, essa deve prima venire attenuata per mezzo di un attenuatore, rappresentato da un partitore di tensione composto da resistori e condensatori. La divisione di tensione può essere regolata con continuità mediante un potenziometro, oppure per valori fissi successivi con un selettore.

L'amplificatore verticale vanta una banda passante caratteristica che si estende da 0 a 20 MHz. Ciò significa che qualsiasi segnale, dentro questi limiti, viene elaborato linearmente.

L'amplificatore orizzontale è uno stadio alquanto simile a quello dell'amplificatore verticale, ma con la caratteristica di accettare un segnale esterno attraverso il bocchettone EO. Il più delle volte questo segnale viene pilotato dallo stadio generatore dei tempi.

Come lo stadio amplificatore verticale viene chiamato "canale Y", analogamente, quello orizzontale assume la denominazione di "canale X". Ed anche questo possiede un circuito attenuatore che provvede a controllare la sensibilità, mentre l'oscillogramma può essere spostato orizzontalmente per mezzo dell'apposito comando.

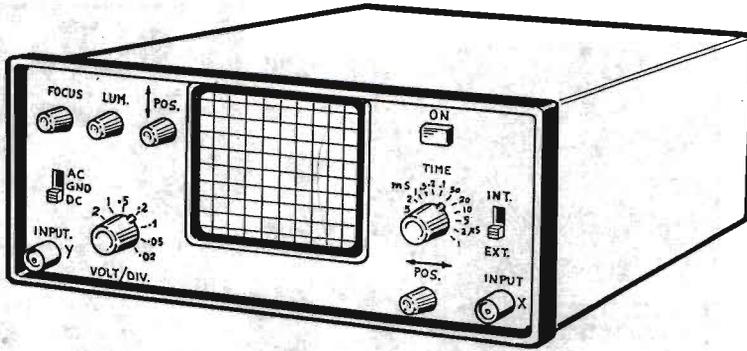


Fig. 3 - Riproduzione semplificata, con funzioni esclusivamente didattiche, del pannello frontale dell'oscilloscopio preso in esame nel testo. Gli elementi di comando sono esclusivamente quelli essenziali per la formazione e la regolazione della traccia che si vuol far comparire sul reticolo del cinescopio.

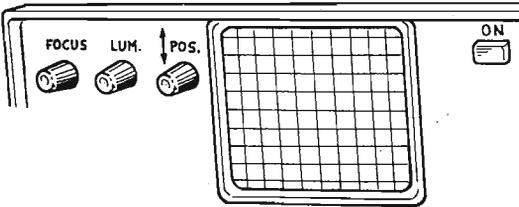


Fig. 4 - In questa zona del pannello dell'oscilloscopio descritto nel testo sono visibili i comandi di messa a fuoco dell'immagine, di luminosità della traccia e della sua posizione in senso verticale sul reticolo del tubo a raggi catodici. Sulla destra si nota il pulsante che accende o spegne lo strumento.

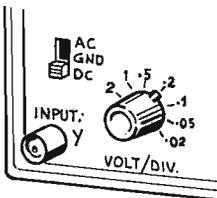


Fig. 5 - Il comando a slitta predispone l'oscilloscopio per l'analisi di segnali elettrici in tensione continua (DC), oppure in alternata (AC). Nella posizione centrale, l'ingresso viene cortocircuitato verso massa. Sul bocchettone Y si applicano i segnali che raggiungono l'amplificatore verticale, la cui operatività è regolata con la manopola VOLT/DIV.

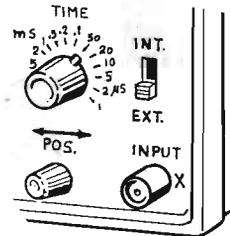


Fig. 6 - In questa zona del pannello dell'oscilloscopio descritto nel testo, sono raggruppati i comandi relativi all'amplificatore orizzontale. Con la manopola POS, si posiziona la traccia in senso orizzontale, con il commutatore INT. - EXT. l'amplificatore orizzontale viene pilotato tramite segnale esterno, oppure con segnale interno, comandato da un generatore dei tempi, di tipo a denti di sega, regolato con la manopola TIME.

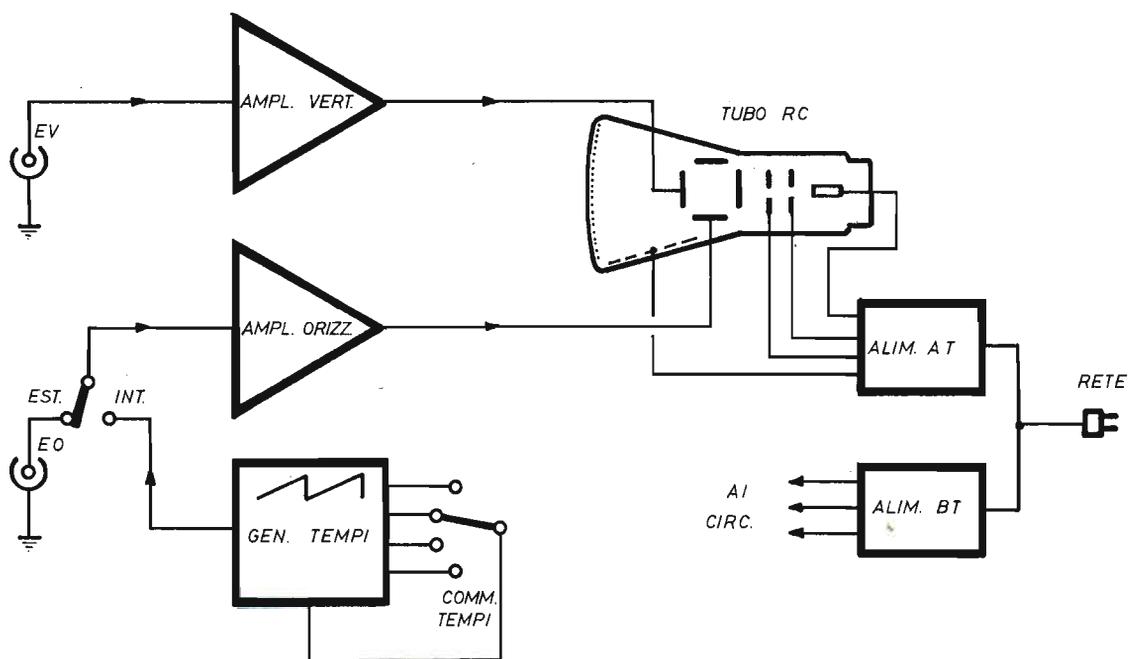


Fig. 7 - Schema a blocchi dei principali stadi interni dell'oscilloscopio. Questi sono: l'amplificatore verticale, quello orizzontale ed il generatore dei tempi. L'alimentatore AT è destinato esclusivamente a fornire le necessarie tensioni di funzionamento del cinescopio, quello di bassa tensione alimenta i circuiti elettronici interni dello strumento.

L'entrata del canale X può essere commutata con il commutatore EST. - INT. Il quale, trovandosi in posizione EST. (esterno), applica al canale il segnale prelevato dal bocchettone EO (Entrata Orizzontale). In assenza di tensione su EO, non si verifica alcuna deflessione X.

Nella posizione INT. del commutatore, la tensione di uscita dello stadio GEN. TEMPI viene applicata al canale X.

Lo stadio generatore dei tempi sviluppa una tensione che varia linearmente con il tempo. Perciò, con il commutatore posizionato in INT., la deflessione X risulta proporzionale al tempo. Viene così rappresentata sullo schermo la variazione della tensione applicata al canale Y in funzione del tempo.

Tutti gli oscilloscopi sono equipaggiati con un circuito che genera una tensione a denti di se-

ga, il quale viene chiamato "unità per la base dei tempi". Tale dispositivo funziona praticamente secondo il principio per cui la tensione, sui terminali di un condensatore, varia linearmente con il tempo, quando il condensatore viene caricato o scaricato con una corrente costante.

- Sui due stadi alimentatori, quello ad alta tensione e l'altro a bassa tensione non riteniamo necessario soffermarci. Dato che appare intuitivo che il primo serve ad alimentare gli elettrodi AT del cinescopio, il secondo invece alimenta i circuiti elettronici dei diversi stadi dell'oscilloscopio. Merita invece una certa considerazione il cinescopio, ovvero il tubo a raggi catodici (RC), sul cui schermo appaiono le configurazioni diagrammate dei segnali elettrici in esame.

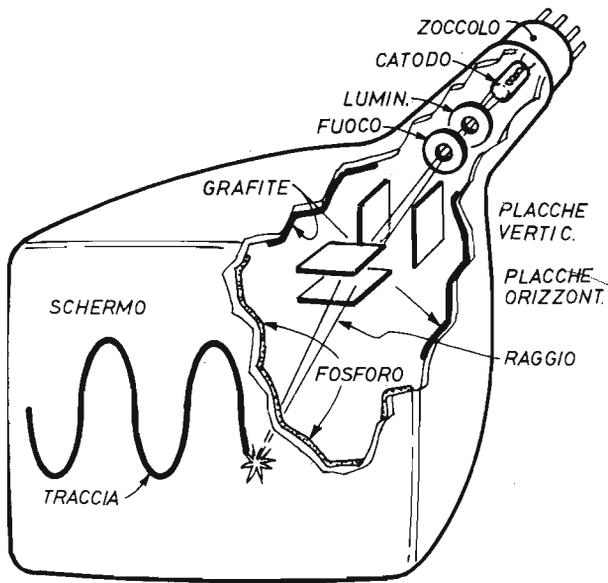


Fig. 8 - Composizione semplificata degli elementi interni al cinescopio. Il filamento, che provvede a riscaldare il catodo, è contenuto dentro il cilindretto metallico generatore di elettroni. Il pennello elettronico, proiettato verso la superficie interna della grande valvola, è pilotato, durante la sua corsa, da particolari "lenti" e dalle due coppie di placche orizzontali e verticali.

IL CINESCOPIO

Il cinescopio può essere considerato come una grande valvola elettronica a vuoto spinto, in cui si muovono gli elettroni usciti dal catodo ed attratti dalle tensioni applicate alle placche. Questi elettroni, che compongono il cosiddetto "pennello elettronico", vanno a colpire la parte anteriore del cinescopio, ossia lo schermo rivestito di sostanze fluorescenti, che divengono luminose proprio quando vengono colpite dal fascio di elettroni.

La generazione del pennello elettronico viene realizzata dal "cannone elettronico", composto da un filamento, che riscalda il catodo e da un sistema di griglie, simili ad otturatori ottici, che fungono da lenti elettroniche e concentrano il fascio di elettroni, prodotti dal catodo, in un sottile pennello.

Per ottenere il pennello elettronico è necessario che le griglie risultino polarizzate rispetto al catodo, in modo da garantire una sufficiente accelerazione degli elettroni che escono dal "cannone" e si dirigono verso lo schermo fluorescente.

I potenziali elettrici impiegati si estendono dai valori di alcune decine di volt, negativi per la griglia più vicina al catodo, che controlla l'emis-

sione elettronica e quindi la luminosità dello schermo, fino al migliaio di volt, circa, per la griglia più lontana dal catodo.

Il pennello elettronico, formatosi all'interno del cannone elettronico, ed uscente da questo con una certa velocità, vien fatto passare attraverso due serie di placche, in posizione ortogonale fra loro, che consentono, se convenientemente polarizzate, la deflessione in senso orizzontale ed in quello verticale del pennello elettronico.

Dopo l'operazione di deflessione, il pennello può colpire lo schermo fluorescente, disegnandovi le figure ottenute dalla combinazione della deflessione orizzontale con quella verticale, simultaneamente.

Nei cinescopi di una certa classe esiste la possibilità di utilizzare una tensione elevata, detta di "post accelerazione", in prossimità dello schermo, essendo il tubo rivestito, internamente, di materiale conduttore. Questa tensione ha il vantaggio di non degradare la sensibilità delle placche di deflessione, essendo applicata dopo la stessa deflessione.

ELETTRONICA DEL TUBO RC

Per coloro che volessero approfondire le nozio-

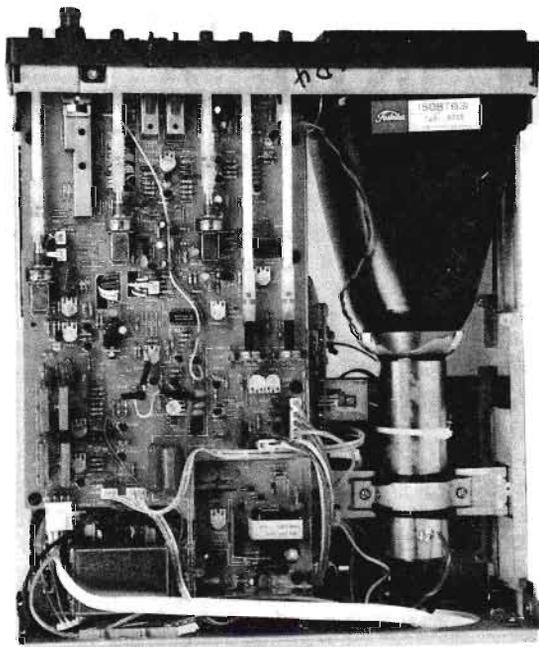


Fig. 9 - Circuiti interni di un moderno oscilloscopio, modello G 4030, prodotto dall'industria nazionale UNAOHM.

ni teoriche, relative alla composizione interna ed al funzionamento del cinescopio, aggiungiamo, qui di seguito, alcune altre caratteristiche tecniche inerenti a tale importante componente.

Abbiamo ricordato che il tubo RC è rappresentato da un bulbo di vetro, sagomato a forma di campana, dentro il quale è stato praticato il vuoto. Ed abbiamo detto che, nello stretto collo di vetro sono contenuti i vari elettrodi, mentre l'estremità più larga è chiusa da una lastra di vetro, quasi piana, con un sottile strato di materiale fluorescente depositato internamente. Abbiamo pure aggiunto che lo schermo si illumina quando viene bombardato dagli elettroni; il puntino luminoso è solitamente di color verde, ma in qualche caso è blu. L'intensità della luce dipende dal numero di elettroni e dalla velocità con cui questi colpiscono lo schermo. Gli elettroni sono ottenuti per emissione termica dal catodo (vedi figura 8), che viene riscaldato dal filamento alimentato a bassa tensione.

Immediatamente davanti al catodo, non disegnato in figura 8 per motivi di semplicità rappresentativa, è posto un cilindro metallico, denominato cilindro di Wehnelt, polarizzato con una tensione negativa rispetto al catodo, che viene regolata mediante un potenziometro destinato a fungere da elemento di controllo di luminosità. Una tale regolazione agisce sul nume-

ro di elettroni, che sono cariche elettriche negative e che vengono respinti dal cilindro di Wehnelt. Ecco perché ad un aumento di questa tensione negativa corrisponde un minor numero di elettroni che attraversano il cilindro e ad un indebolimento del puntino luminoso sullo schermo.

Il cilindro di Wehnelt è seguito da tre elettrodi cilindrici o anodi, diversamente polarizzati con altrettante tensioni, il cui compito è quello di attirare e velocizzare verso lo schermo gli elettroni emessi dal catodo. Per la loro particolare forma, questi anodi non intercettano gli elettroni, e si comportano come una lente elettronica che influisce sul tragitto degli stessi elettroni facendoli convergere su un solo punto. Variando con un potenziometro le tensioni sui tre anodi della "lente", il fuoco si sposta e si realizza il "controllo del fuoco".

Dopo il cilindro di Wehnelt sono sistemate le placchette di deflessione verticale ed orizzontale, le cui differenze di potenziali applicati provocano la deflessione del pennello elettronico nei due sensi. Pertanto, se fra le quattro placchette non esiste alcuna differenza di potenziale, il puntino luminoso rimane fermo al centro dello schermo. Se una delle due placchette verticali è più positiva rispetto all'altra, il puntino luminoso si sposta verso l'alto o verso il basso dello schermo. Lo stesso fenomeno, poi, si verifica quando una delle due placchette orizzontali è più positiva rispetto all'altra, con il conseguente spostamento del puntino verde verso destra o sinistra. Gli spostamenti sono tanto più sensibili quanto più elevata è la differenza di potenziale tra le placchette.

Se si applica una tensione alternata fra le placchette verticali, il puntino luminoso oscilla verticalmente sullo schermo. Se l'oscillazione è rapida, sullo schermo si forma una linea verticale stazionaria, per effetto della persistenza della visione e di quella di illuminazione dello schermo. Analogamente, quando fra le placchette orizzontali viene applicata una tensione alternata a frequenza piuttosto alta, sullo schermo si forma una linea orizzontale stazionaria.