

LNF - 65/33
25 Settembre 1965.

M. Avaltroni e F. Pandarese: RISOLUZIONI RAGGIUNGIBILI CON
ALCUNI TRC A DEFLESSIONE ELETTROSTATICA E LORO UTI
LIZZAZIONE IN UN DISPOSITIVO DI LETTURA DI FOTOGRAM-
MI DI CAMERE A SCINTILLA MONOGAP. -

(Nota interna: n. 290)

LNF-65/33

Nota interna: n° 290
25 Settembre 1965

M. Avaltroni, F. Pandarese: RISOLUZIONI RAGGIUNGIBILI CON ALCUNI TRC A DEFLESSIONE ELETTROSTATICA E LORO UTILIZZAZIONE IN UN DISPOSITIVO DI LETTURA DI FOTOGRAMMI DI CAMERE A SCINTILLA MONOGAP.-

In questa nota è riportato il lavoro preliminare fatto per il progetto e la costruzione di alcune parti di una apparecchiatura di analisi automatica di foto di c.a.s. E' inoltre descritta una semplice apparecchiatura per l'analisi di foto di camere monogap.

I. MISURE DI RISOLUZIONE.-

Per poter determinare i limiti della risoluzione possibile con un determinato tipo di TRC è necessario poter valutare quantitativamente l'influenza di alcuni fattori quali il contrasto del fotogramma, il rumore dovuto alla granulità del fosforo del TRC, ecc. Benchè l'influenza di alcuni di questi sia facilmente misurabile, è difficile assicurarne la costanza nel tempo e, nel caso del contrasto, la uniformità fra un film ed un altro. Si sono pertanto assunte nelle misure delle condizioni medie che si ritiene rispecchino le condizioni effettive di lavoro.

I.1. Risoluzione spaziale e sua relazione con diametro della macchina catodica.

L'apparecchiatura usata nelle misure è descritta in fig.1. TRC è il tubo a raggi catodici di un oscilloscopio

2.

Tektronix; le misure sono state effettuate sui tubi tipo: T581P11, T515P2, T545P24.

Definiamo risoluzione di un sistema di analisi la minima dimensione di un segmento verticale od orizzontale identificabile con sicurezza. La risoluzione così definita risulta funzione del diametro della macchia catodica, del rumore del fotomoltiplicatore, della variazione d'intensità della macchia catodica, del contrasto della foto.

a) Diametro dello spot.

Il diametro della macchia catodica è definito con una misura detta dello "shrinking raster".⁽¹⁾

Esso consiste nel sostituire al film nello schema di fig.1 un graticciato formato da linee verticali parallele e equidistanti come in fig.2. La larghezza del tratto trasparente è uguale a quella del tratto opaco.

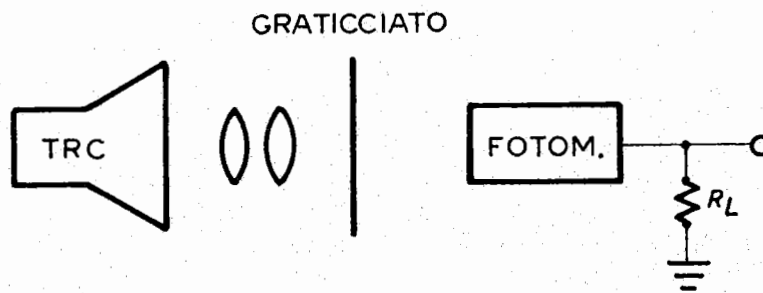


Fig. 1 - Schema di misura.

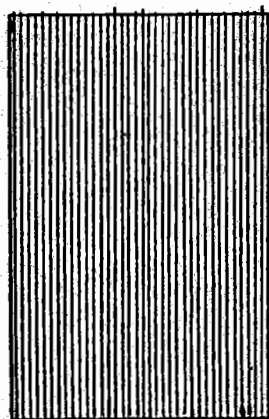


Fig. 2 - Graticciato campione.

Deflettendo orizzontalmente la macchia catodica in tempi lunghi rispetto alla costante di decadimento del fosforo si ottiene ai capi di R_L una tensione del tipo di quella indicata in fig.3,4,5. I picchi negativi corrispondono al tratto trasparente. Le tre fotografie corrispondono a tre graticciati rispettivamente di 200, 100, 50 μ m di passo. E' evidente la progressiva diminuzione della profondit  di modulazione che   dell'ordine dell'80% in fig.3, e diminuisce al 30% in fig.4 per ridursi praticamente a zero in fig.5. E' d'uso definire diametro della macchia il passo del graticciato per cui si ha il 60% di modulazione; nel presente caso   di circa 150 μ m. (x)

Una caratteristica comune delle foto   la variazione dell'ampiezza dei picchi negativi e della modulazione. Ci  si spiega con una variazione della intensit  e delle dimensioni con lo spostarsi della macchia dal centro verso i bordi del TRC.(v.fig.11)

In particolare una diminuzione di intensit  fa diminuire l'ampiezza del massimo e del minimo lasciandone invariato il rapporto, laddove la variazione del diametro tende a variare il rapporto fra massimo e minimo.

La situazione pu  essere schematizzata come segue (v.fig.6).

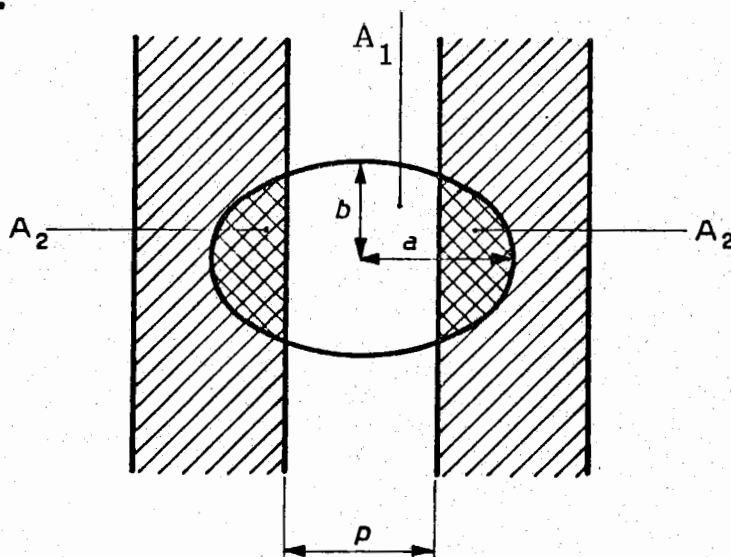


Fig. 6 - Definizione di indice di modulazione e sua relazione con l'area della macchia catodica.

(x) - Da tenere presente che le misure cos  effettuate si riferiscono alle dimensioni della immagine della macchia sul piano della pellicola. Per ottenere le dimensioni reali, le dimensioni trovate vanno divise per l'ingrandimento dell'obiettivo (ν 0,5)

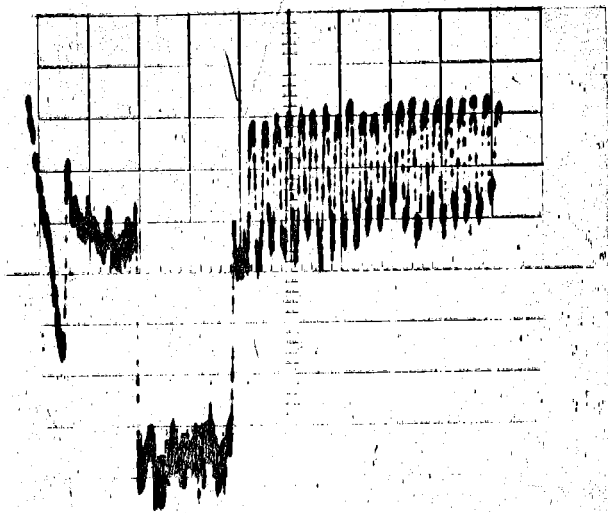


Fig. 3

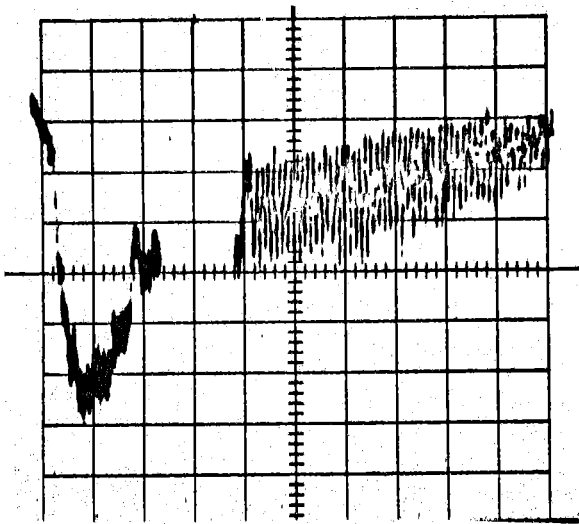


Fig. 4

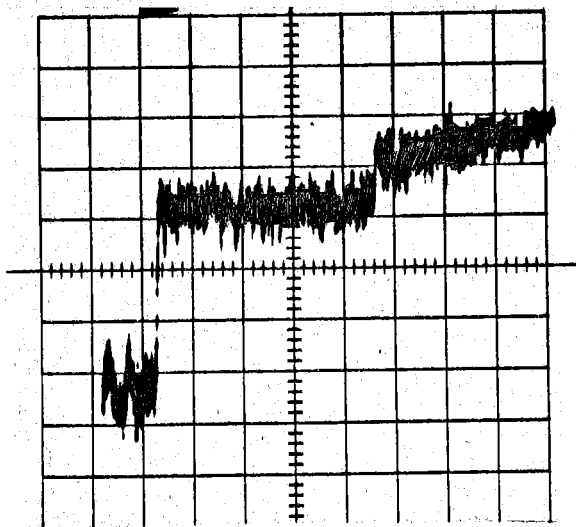


Fig. 5

Uscita del fotomoltiplicatore
per graticciati da
200, 100, 50 μ m.

Assumendo la macchia catodica di forma ellittica di semiasse a e b , detta A l'area totale dell'ellissi si ha un massimo di luminosità allorchè la macchia si trova col suo centro a metà della zona trasparente; il minimo di luminosità si ha per la condizione opposta allorchè il centro dell'ellisse coincide con la mezzeria della striscia non trasparente. Detta A_1 ed A_2 l'area luminosa e quella occultata rispettivamente, si ha che l'indice di modulazione è data da

$$m = 1 - \frac{A_1}{A_2} \quad (p < 2a)$$

ed

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{2}{\pi} \frac{p}{a^2} \left(\sqrt{\frac{a^2}{p^2}} - 1 + \arcsen \frac{p}{a} \right)$$

La curva m in funzione di p/a è data in fig.7. Pertanto dalla misura di m si può ricavare la dimensione orizzontale dell'ellisse. Tale modulazione è indipendente dalla dimensione dell'altro semiasse che pertanto deve essere misurato indipendentemente deflettendo verticalmente la macchia catodica e ponendo il graticciato orizzontale.

I risultati di misure di diametro per un tubo T581 - P 11 sono riportati in fig.8. Tali misure si riferiscono a posizioni della macchia al centro dello schermo del TRC; analoghi risultati sono stati ottenuti con il tubo T545-P24.

La dispersione dei punti è essenzialmente dovuta alla bassa luminosità della macchia donde la difficoltà di misurare con esattezza la modulazione per effetto del rumore sovrapposto. Un esempio del tipo di uscita dal fotomoltiplicatore con cui sono state effettuate le misure di fig.3 e in fig.4 e fig.5.

Si giustifica l'affermazione iniziale che una diminuzione dell'intensità peggiora la risoluzione spaziale del sistema poichè aumenta il valore della minima modulazione rivelabile.

Pertanto il problema della risoluzione spaziale si riduce in ultima analisi al ben noto problema di rivelare un impulso su un fondo di rumore.

b) Sorgenti di rumore.

Le cause di rumore nelle misure effettuate sono, in ordine di importanza:

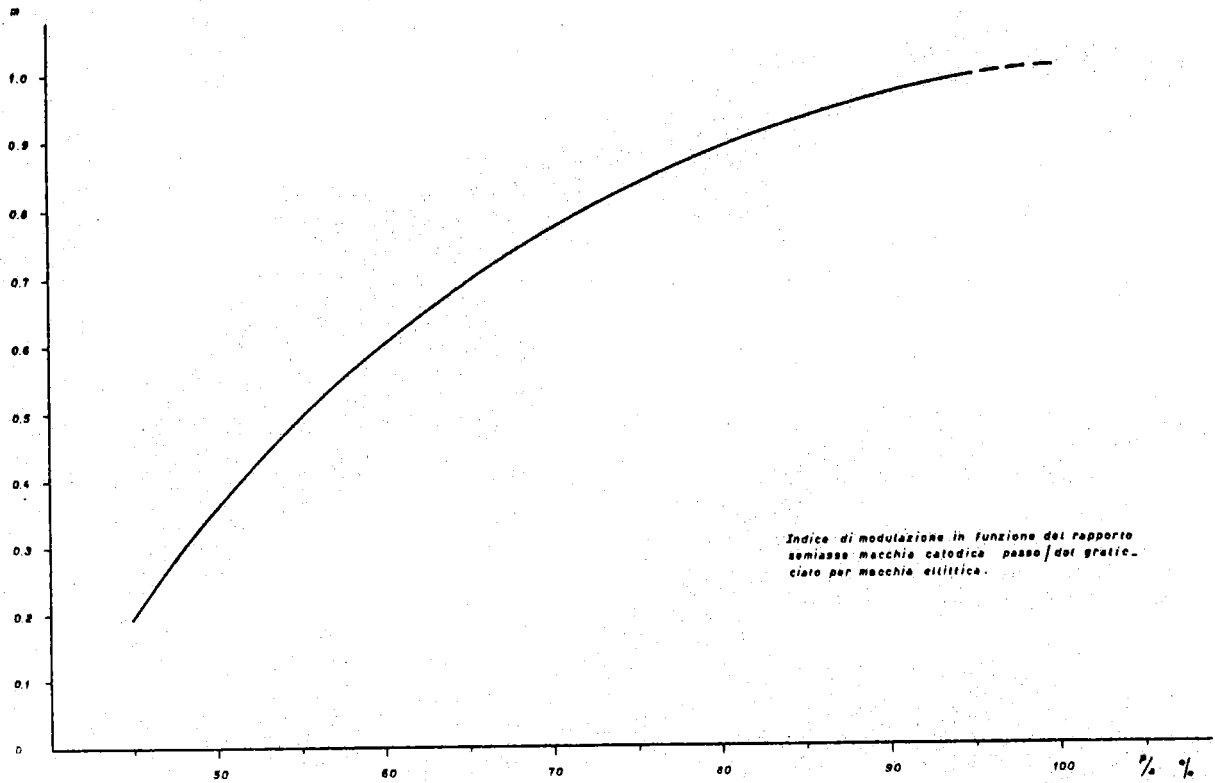


Fig. 7 - Curva teorica di modulazione.

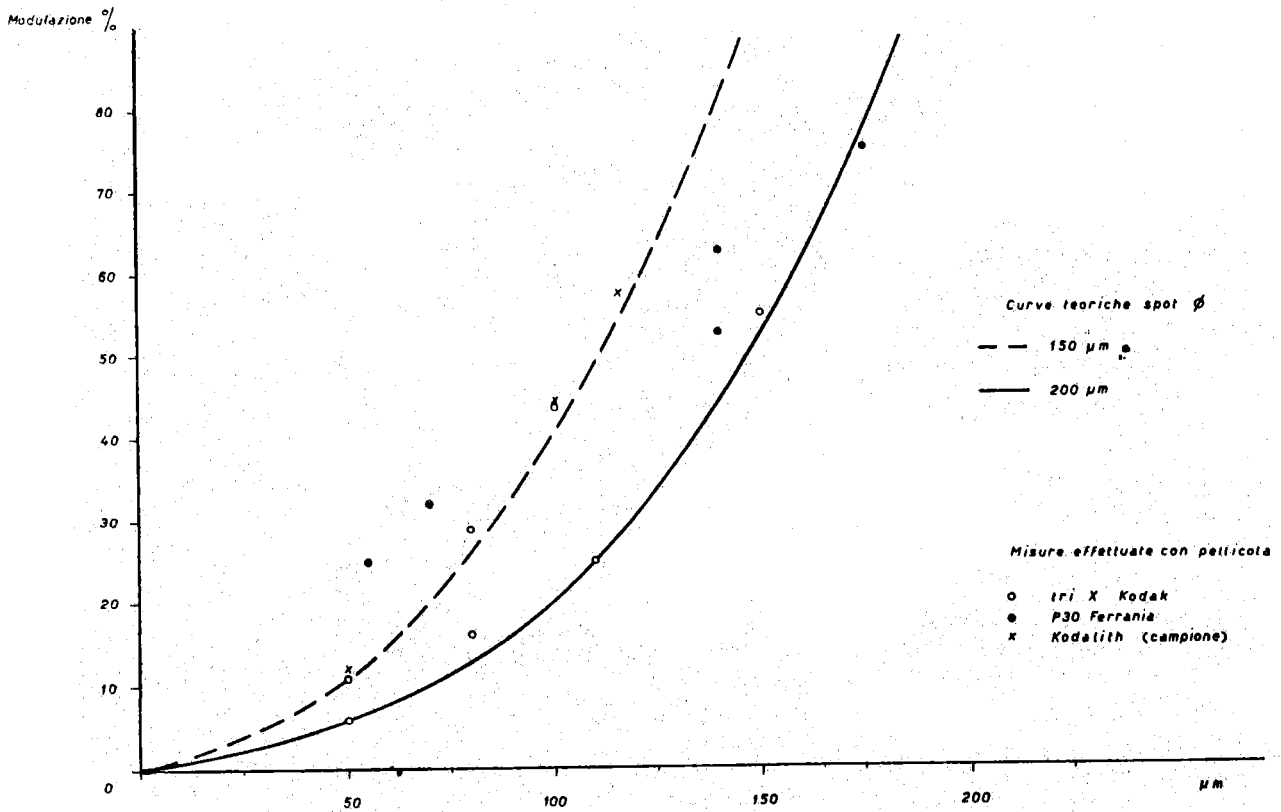


Fig. 8 - Misura del diametro della macchia catodica.

1) Modulazione di intensità della macchia per effetto di alternata residua nell'alimentatore di polarizzazione della griglia controllo del TRC; tale effetto è di solito riducibile con opportuni filtraggi ad un livello tollerabile.

2) Variazioni di intensità a corto e lungo termine. L'effetto è chiaramente visibile in fig.9. Esso è presumibilmente dovuto ad irregolarità nelle deposizioni del fosforo del TRC. E' evidente che il rumore del fotomoltiplicatore è di un fattore 4 inferiore al rumore del fosforo; pertanto è, nelle presenti condizioni, il fattore che limita la risoluzione. (parte iniziale della traccia).

3) Influenza del contrasto della foto. Sono state analizzate foto del tipo più comunemente usato dai gruppi sperimentali con vari tipi di sviluppo ed esposizioni; in particolare sono state esaminate le pellicole P/30 Ferrania e TriX Kodak. Si è notato che il contrasto diminuisce principalmente per effetto della diminuzione di trasparenza del bianco. Tale diminuzione equivale, almeno in prima approssimazione, ad una diminuzione della intensità luminoso della macchia.

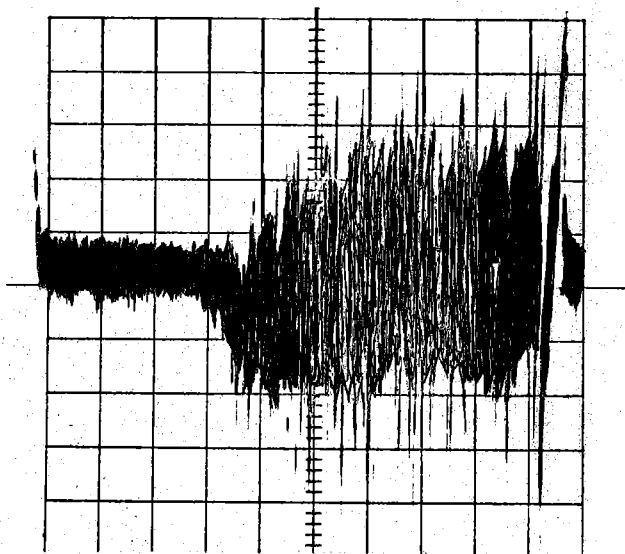


Fig. 9 - Rumore causato dalla granularità del fosforo.

L'effetto risultante è quello di una diminuzione della risoluzione spaziale dovuta al peggioramento del rapporto segnale rumore. Nelle condizioni però in cui il rumore del fosforo è predominante rispetto a quello del fotomoltiplicatore, tale effetto risulta trascurabile.

c) Miglioramento del rapporto segnale/rumore.

Dalla breve esposizione precedente risulta che le fonti di rumore sono essenzialmente: una a frequenza molto bassa dovuta alle fluttuazioni di intensità della macchia, e l'altra a frequenza alta dovute al fosforo; ne risulta che un miglioramento può essere ottenuto ponendo in serie alla uscita un filtro passa alto ed un passa basso di costanti di tempo tali che il minimo di attenuazione si abbia in un intervallo di frequenza corrispondente a quella prodotta da graticciati di passo fra 200 e 50 μ m. Per velocità di spazzolamento di 0,1 msec/cm, tale minimo si ha nell'intorno di 100 Kc.

Il risultato dell'inserzione di tale filtro è illustrato in fig.10 per il graticciato di fig.4. Risultati migliori possono essere ottenuti a prezzo però di una notevole complicazione del filtro, e i miglioramenti non sembrano tali da giustificare la notevole complicazione risultante (2).

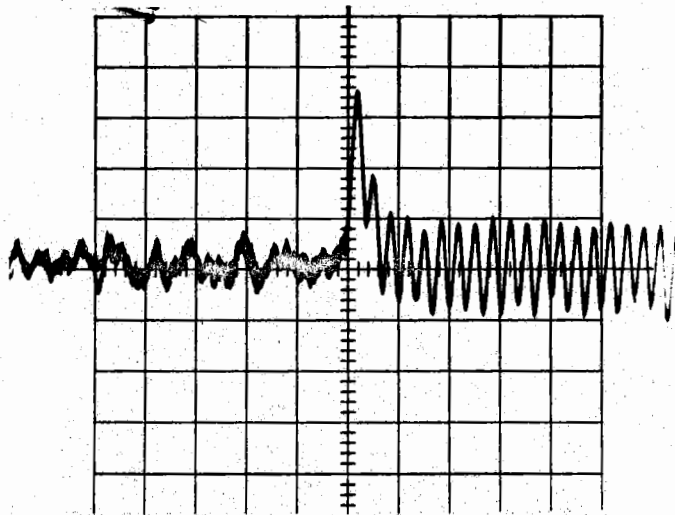


Fig. 10 - Miglioramento dovuto all'inserzione del filtro.

d) Risoluzione sulla foto.

Si è visto che la minima traccia discernibile con sicurezza dipende essenzialmente dal rapporto fra il diametro della macchia lo spessore della traccia ed il rumore del TRC.

A parità di diametro della macchia sul TRC, si potrebbe, ottenere un rimpicciolimento dell'immagine della macchia variando l'ingrandimento dell'obbiettivo.

Si otterrebbe una più elevata risoluzione su una area della pellicola più piccola; infatti il rapporto diametro/

/deflessione è rimasto invariato; le misure effettuate danno per tale rapporto un valore di $\sim 10^{-2}$.

Esso può assumersi grossolanamente costante su tutto il TRC solo per la dimensione orizzontale (v.dopo).

e) Variabilità della risoluzione in funzione della posizione.

All'aumentare della deflessione a partire dalle zone centrali del TRC, varia la percentuale di modulazione, causata dalla progressiva deformazione della macchia; tale deformazione è chiaramente visibile nella fig. 11. In essa è riportato l'andamento della modulazione in funzione della deflessione verticale ed orizzontale. Si nota chiaramente che le dimensioni orizzontali rimangono grossolanamente costanti su praticamente tutta la superficie dello schermo, laddove le dimensioni verticali aumentano in maniera piuttosto vistosa spostandosi dal centro alla periferia. La macchia è infatti sensibilmente circolare nelle zone centrali, mentre ai lati dello schermo diventa una ellisse allungata verticalmente.

Variando le tensioni agli elettrodi che controllano l'ottica si può ottenere una diminuzione dell'allungamento verticale ai lati a prezzo però di un aumento delle dimensioni orizzontali.

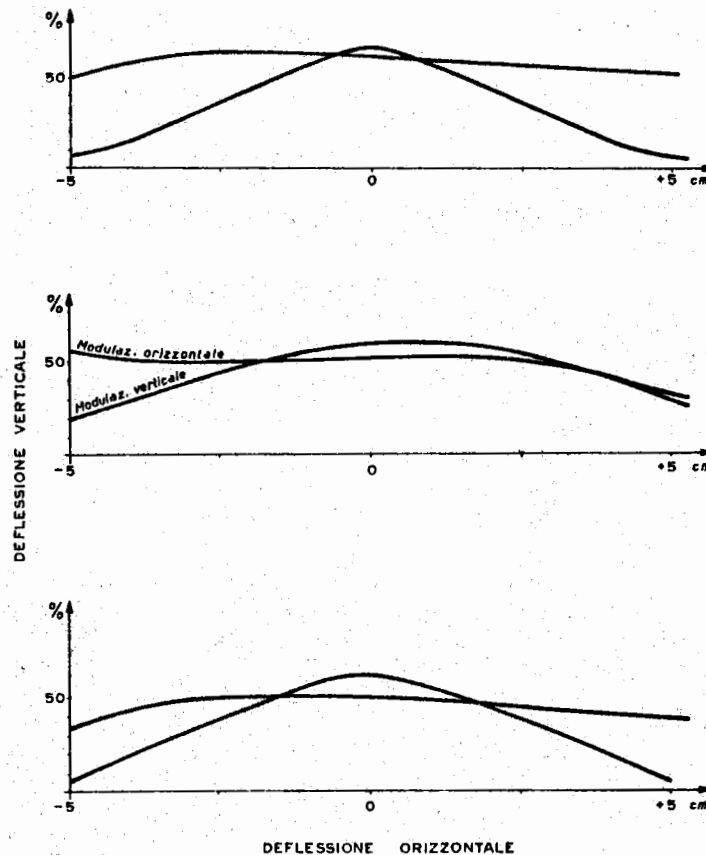


Fig. 11 - Variazione dell'indice di modulazione per effetto delle aberrazioni ottiche.

Le misure riportate in fig.13 sono state effettuate in condizioni tali che le dimensioni orizzontali siano quanto più possibile uniformi su tutta l'area del TRC.

I.2. Conclusioni.

L'uso di tale TRC è utile solo quando una delle dimensioni sulla pellicola è importante e la risoluzione richiesta è bassa. Tale è il caso delle foto di camere a scintilla monogap con una vista in alcuni tipi di esperimento.

Tali tubi sono però poco adatti nel caso di foto di camera multigap, ove spesso interessa oltre la coordinata d'ingresso anche la lunghezza della scintilla o il numero di gaps: in tali casi è necessario ricorrere ad altri tipi di TRC.

Sulla base di tali misure è stato costruito un dispositivo per l'analisi automatica di camere monogap. Lo scanning di 2000 foto contenenti una linea orizzontale dello spessore di circa $100 \mu\text{m}$ fig.13 dà infatti una percentuale di casi perduti per mancato identificazione della linea dell'ordine del 10%.

Per risoluzioni maggiori è necessario l'uso di sistemi a deflessione magnetica con tubi ad alta risoluzione.

II. IL DISPOSITIVO DI LETTURA.-

II.1. Principio di funzionamento e circuiti elettronici.

Il dispositivo costruito sulla base delle misure effettuate, ha il duplice scopo di essere utilizzabile come analizzatore in casi di foto semplici (monogap) e come apparecchiatura di rilievo di dati per lo studio della configurazione di foto complesse. Con tale apparecchiatura infatti ci si ripromette in definitiva di ottenere i dati di progetto di una macchina più complessa e flessibile.

a) Descrizione del lettore.

Scopo di questo lettore è lo immagazzinamento nella memoria di un multicanale delle coordinate dei punti impressionati di un fotogramma di c.a.s. Questo è realizzato con una conversione distanza-ampiezza per la coordinata orizzontale (v. fig. 12).

Un impulso uscente dal fotomoltiplicatore che segnala la variazione di trasparenza, è inviato attraverso un filtro (del tipo descritto nella parte I) ad un amplificatore for-

matore. L'impulso standard ottenuto è inviato al convertitore distanza-ampiezza.

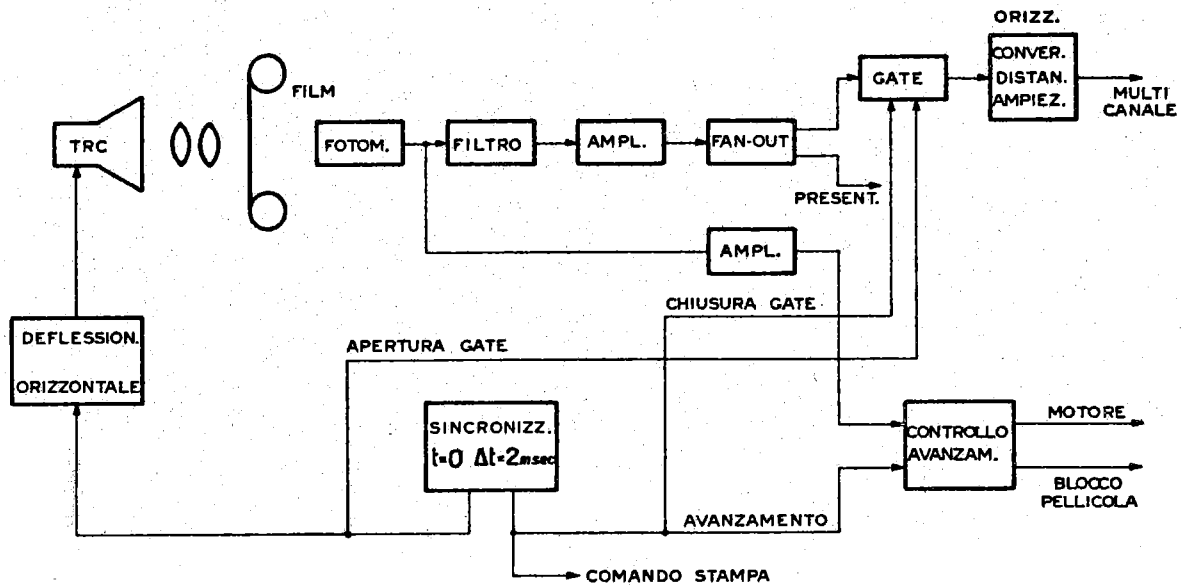


Fig. 12 - Schema a blocchi del dispositivo di lettura.

A questo circuito perviene anche una tensione la cui ampiezza è proporzionale alla coordinata orizzontale della scintilla. In uscita si otterrà un impulso di durata costante e di ampiezza variabile ed uguale a quella del segnale proporzionale alla distanza.

Tali operazioni di trasferimento durano ~ 2 msec, tempo totale di esplorazione. Al termine il sincronizzatore chiude il gate e comanda l'avanzamento della pellicola. Su un lato della pellicola in corrispondenza di ogni fotogramma vi è una marca nera che serve ad interrompere la luce di una lampada spia allorchè il fotogramma è in posizione corretta. Tale impulso (positivo) è amplificato ed arresta l'avanzamento.

In fig.13 è riportato un esempio del tipo di foto da analizzare.

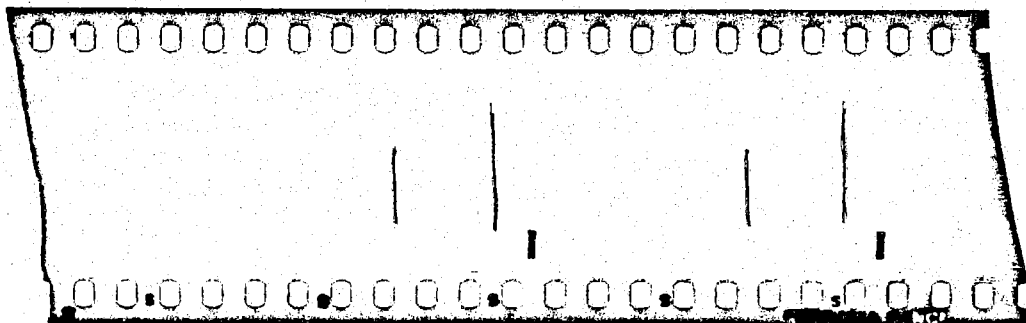


Fig. 13 - Tipo di fotogramma analizzato.

b) Descrizione dei circuiti.

Campionatore. (v.fig.14a)

Consiste di un amplificatore, di un monostabile formatore e di un circuito campionario a diodi. Il segnale in uscita del filtro viene amplificato dai transistori T_1-T_3 ; successivamente gli impulsi corrispondenti alle tracce così amplificate comandano un monostabile T_4, T_5, T_6 il cui impulso di durata costante ($10 \mu\text{sec}$) ed ampiezza costante apre il gate campionario D_1D_2 . L'ingresso del gate è costituito da un segnale proporzionale alle tensioni di deflessione orizzontale del TRC oppure da un segnale proporzionale alla distanza di un fiducial. L'apertura del gate fa sì che in U apparirà un segnale di durata costante ($10 \mu\text{sec}$) ma di ampiezza variabile ed uguale all'ampiezza che in quell'istante aveva il dente di sega. Tale segnale è inviato ad un multicanale.

Generatore impulso di porta. (v.fig.14b).

La funzione di tale circuito è di fornire un impulso di durata pari a quella della esplorazione orizzontale. Tale durata costante in condizioni di funzionamento, deve essere variabile entro limiti piuttosto ampi ($10 \mu\text{sec} + \text{msec}$) allorchè il lettore viene usato per prova dei fosfori o per studio dei filtri di ottimizzazione.

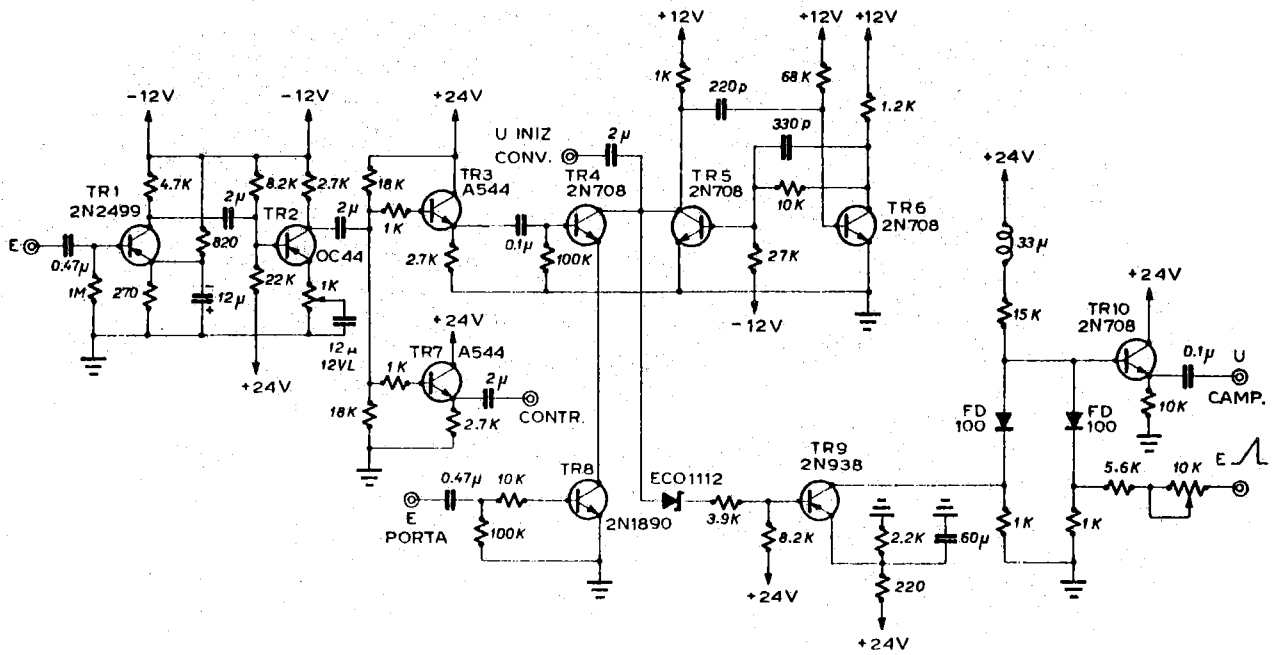
Il generatore si compone di un bistabile (Tr_1, Tr_2) e di un oscillatore a rilassamento (Tr_3).

L'oscillatore è normalmente inattivo poichè Tr_4 è spento.

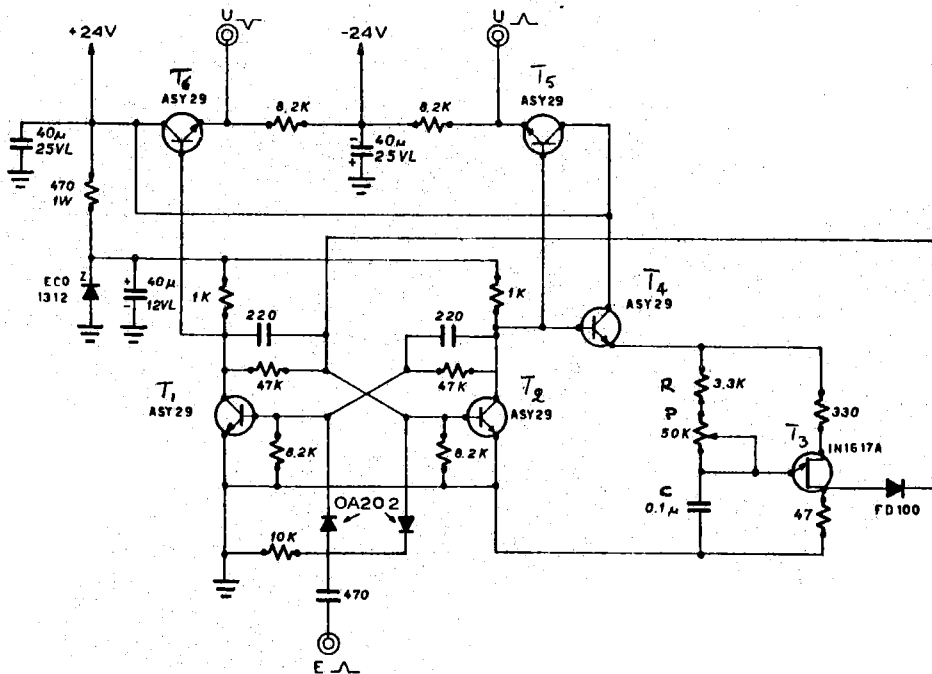
L'impulso proveniente dal circuito sincronizzato commuta il bistabile; Tr_2 si spegne e Tr_4 si accende. L'accensione di Tr_4 fornisce la tensione di collettore a Tr_3 che rimane spento poichè C è scarico; l'accensione di Tr_4 fa sì che C si carichi con costante di tempo $(R + P) C$ (variabile). Allorchè C ha raggiunto la tensione di accensione dell'unigiunzione, questo si accende, riportando il bistabile nelle condizioni iniziali.

Amplificatore di blocco. (v.fig.15)

E' un amplificatore accoppiato in continua T_1-T_3 seguito da uno Schmidt formatore T_4-T_5 . L'accoppiamento in continua è stato adottato per poter amplificare a sufficienza nella banda delle basse frequenze. L'impulso di blocco ha infatti una durata di circa 20 msec.



a) Circuito campionatore.



b) Formatore impulso di porta.

Fig. 14

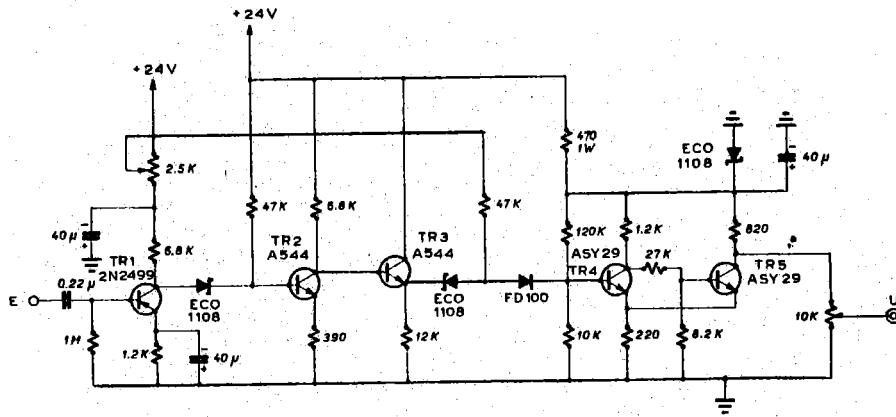


Fig. 15 - Circuito di arresto.

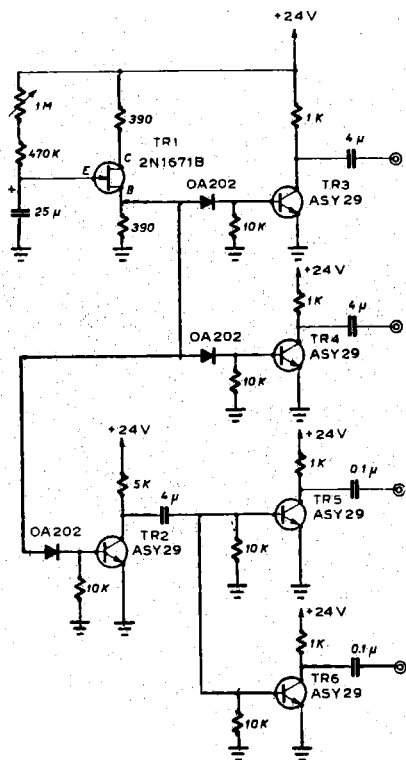


Fig. 16 - Circuito sincronizzatore.

Sincronizzatore. (v.fig.16).

Un'oscillatore a rilassamento T_1 (unijunction transistor) dà impulsi di 2 msec alle cadenze di 1 C/sec. Tali impulsi vengono amplificati da T_2, T_3 e T_4 . L'impulso uscente da T_2 viene differenziato e solo il secondo fronte (positivo) viene amplificato da T_5 e T_6 costituendo un trigger ritardato di 2 msec.

II.2. Il dispositivo di avanzamento della pellicola.

Il dispositivo di avanzamento è un Prevost opportunamente modificato. Il trascinamento della pellicola è effettuato da un motore in c.c.

Tale motore può girare sia in senso orario che antiorario e dispone di comandi manuali ed impulsivi tali da permettere il trascinamento della pellicola sia manuale che automatico.

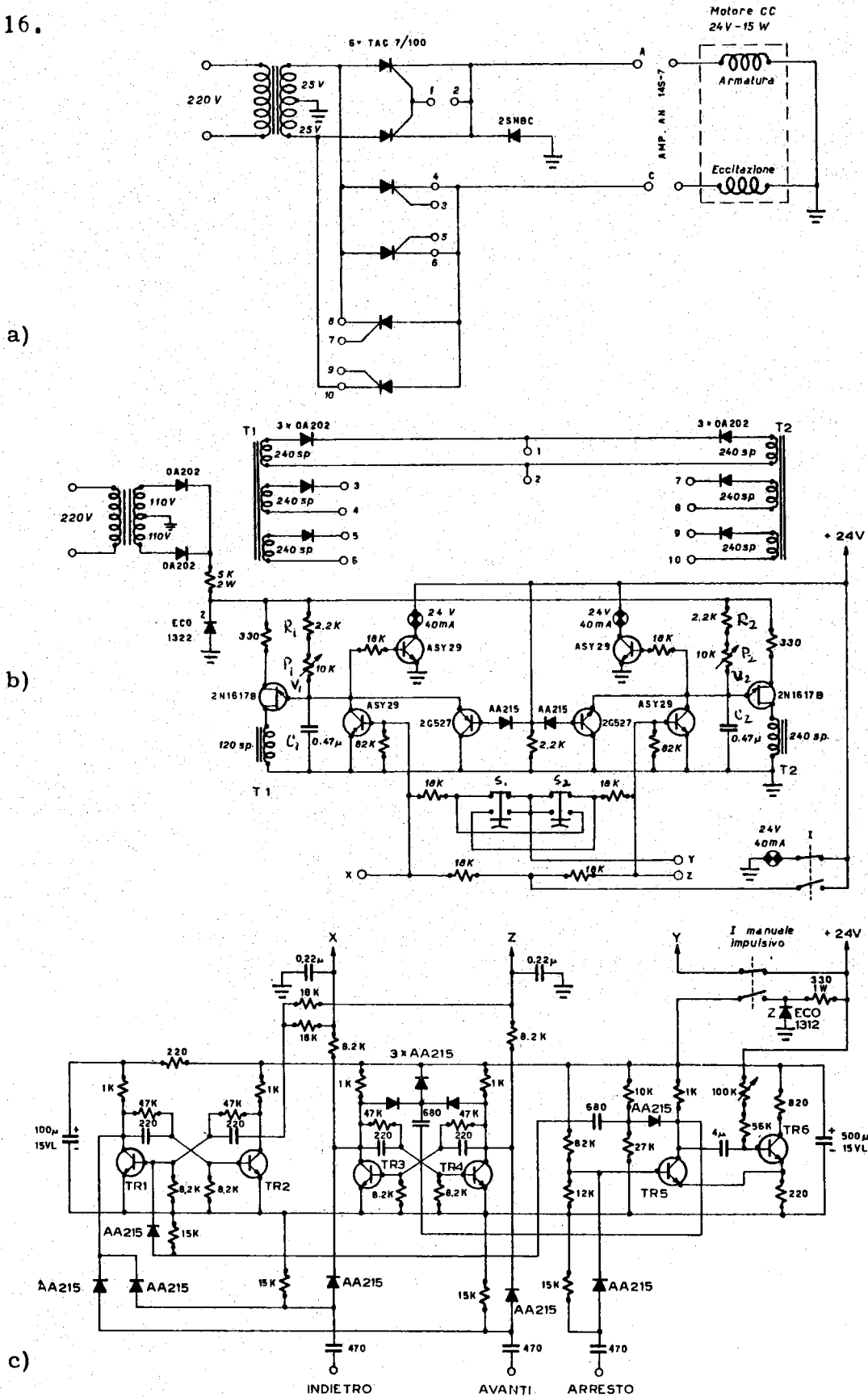
Nella fig.17 è riportato lo schema dell'alimentazione del motore; l'armatura e gli avvolgimenti dell'eccitazione sono alimentati da una corrente pulsante derivante dal raddrizzamento a doppia semionda della tensione di uscita del trasformatore T con i diodi controllati al silicio $D_1 + D_6$. I diodi D_1, D_2 raddrizzano la tensione positiva che alimenta l'armatura e gli altri D_3, D_6 forniscono una tensione continua di doppia polarità per consentire l'inversione del moto per inversione dell'eccitazione.

I diodi $D_1 + D_6$ sono accesi da un circuito di comando e spenti dalla semionda della tensione alternata ai capi del secondario di T. Pertanto gli impulsi di innesco sono periodici e sincroni con la rete.

Nella fig.17b è riportato lo schema del circuito di comando dei diodi controllati al silicio.

Tale circuito è costituito da due generatori di impulsi ad ingiunzione i cui impulsi vanno ad innescare i diodi tramite i trasformatori d'impulsi T_1, T_2 ; questi generatori sono sincroni con la frequenza di rete ed hanno però rispetto ad essa la fase variabile in funzione del valore della costante di tempo $(R_1 + P_1) C_1$ per U_1 e $(R_2 + P_2) C_2$ per U_2 che permette di variare il valore medio della corrente nel motore e di variarne perciò la velocità di quest'ultimo.

Uno dei due generatori d'impulsi serve per accendere i diodi D_1, D_2 , dell'armatura e i diodi D_3, D_4 degli avvolgimenti dell'eccitazione, e l'altro U_2 per accendere i diodi D_1, D_2 , dell'armatura e i diodi D_5, D_6 , degli avvolgimenti della eccitazione ottenendo, così, con il primo l'avanti e con il secondo l'indietro.



a)

b)

c)

Ove non è diversamente specificato:
 - tutte le resistenze sono da 1/4W al 10% ed i valori sono espressi in Ω.
 - tutti i valori di capacità sono espressi in pF.
 - tutti i transistor sono ASY29.

T1-T2 Nucleo PHILIPS K 30060 filo Ø 0.2 mm.

Fig. 17 - Controllo motore.

Questi due generatori vengono a loro volta comandati in modo tale che siano o ambedue spenti (motore fermo) o che generino l'uno o l'altro (motore avanti o indietro); il comando può essere sia manuale tramite i pulsanti S_1 S_2 che automatico tramite il circuito logico di fig.17c. Il deviatore I commuta la tensione +24 volt ai pulsanti S_1 S_2 al circuito di logica fig.17c permettendo così di commutare il comando del motore da manuale ad impulsivo e viceversa.

In fig.17c è il circuito di controllo. Le funzioni logiche di questo circuito sono essenzialmente: 1) impedire che ai punti A ed I siano contemporaneamente presenti, per errata manovra, due livelli cosa che provocherebbe la contemporanea accensione dei diodi D_2 e D_3 (v.fig.17a) cortocircuitando il secondario del trasformatore di alimentazione del motore; 2) controllare il motore nella fase di arresto, che avviene invertendo l'eccitazione per una durata opportuna.

Il circuito si compone di due bistabili T_3 - T_4 , T_5 - T_6 e di un monostabile T_1 - T_2 . Al bistabile T_5 - T_6 sono collegati i due comandi avanti A e indietro I; è così assicurata la mutua esclusione dei comandi.

La sequenza dei comandi è la seguente: l'impulso del sincronizzatore spegne T_5 e T_3 iniziando l'avanzamento della pellicola. Appena la marca di blocco interrompe il flusso luminoso un impulso fa scattare il monostabile. Il fronte iniziale dell'impulso commuta il bistabile T_5 - T_6 , invertendo la corrente nella bobina di eccitazione del motore che tende a rallentare ed a invertire il suo senso di marcia. Prima che ciò avvenga, l'impulso del monostabile termina; il fronte finale dell'impulso fa commutare il bistabile T_3 - T_4 che interrompe la corrente di armatura. La pellicola è pertanto pronta per essere analizzata.

II.3. Risultati e possibili sviluppi.

Col dispositivo precedentemente descritto sono state analizzate circa 2000 foto del tipo di fig.13 corrispondenti ad una vista laterale di camera a scintilla monogap.

In fig.18 è riportato uno spettro ottenuto con un multicanale. Esso è il risultato di un film contenente circa 800 foto utili.

Il rapporto tra il numero degli eventi entro la fascia indicata ed il numero totale è risultato uguale a quello ottenuto con analisi manuale di film dello stesso tipo.

Il presente dispositivo presenta due limitazioni fondamentali: a) assenza di logica di riconoscimento; b) bassa risoluzione. Può pertanto essere usato solo in casi semplici quali quelli di fig.13.

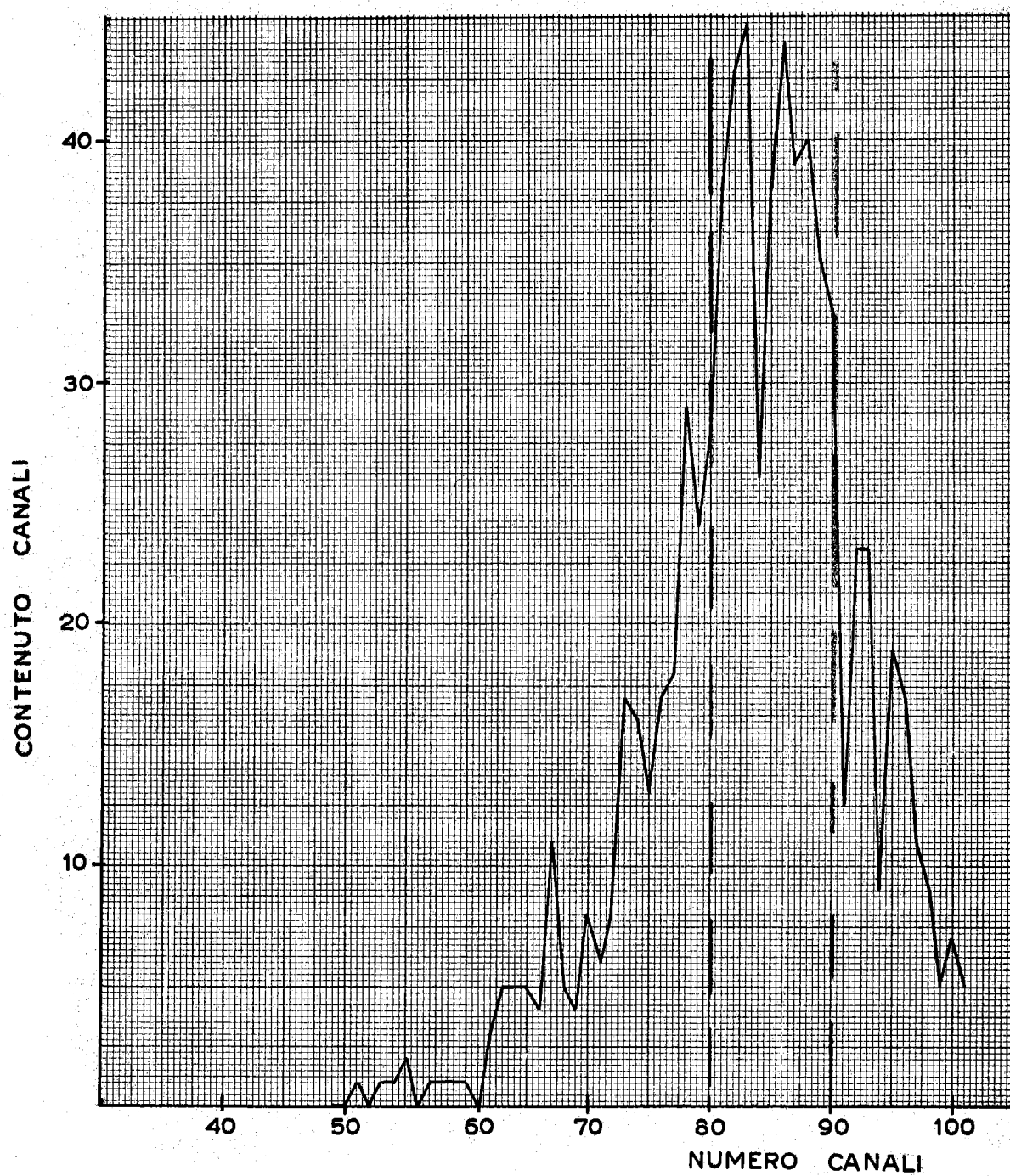


Fig. 18 - Spettro di prova ottenuto al multicanale.

RINGRAZIAMENTI.-

Gli autori desiderano ringraziare tutti i componenti del Gruppo elettronica ed il Dr. G.Barbiellini per lo aiuto ed i suggerimenti dati.

BIBLIOGRAFIA.-

- 1) - Anders, Maeder, Wiscott - Proc.Conf.Instr.for high energy Physics, (Geneva 1962), 414.
- 2) - M.Anders, comunicazione personale.