

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-67/25

10 Aprile 1967

F. Pandarese e M. Spinetti : SISTEMA PER L'ANALISI AUTOMATICA DI FILM DI CAMERE A SCINTILLA.

LNF - 67/25
10 Aprile 1967

F. Pandarese e M. Spinetti: SISTEMA PER L'ANALISI
AUTOMATICA DI FILM DI CAMERE A SCINTILLA (Sta
to di avanzamento). -

(Nota interna: n. 359)

Nota interna: n. 359
10 Aprile 1967

F. Pandarese e M. Spinetti: "SISTEMA PER L'ANALISI AUTOMATICA DI FILM DI CAMERE A SCINTILLA" (Stato di avanzamento).

SOMMARIO -

Si descrive un sistema di analisi automatica di film di camere a scintilla costituito da un piccolo calcolatore che comanda un tubo a raggi catodici ad indirizzamento casuale.

1. INTRODUZIONE - .

Nella presente nota è descritto un sistema per l'analisi automatica di film di camere a scintilla.

Il metodo di esplorazione usato è quello della "macchia catodica guidata", adottato per la prima volta da Deutsch⁽¹⁾⁽²⁾ e che consiste nello esplorare mediante un tubo a raggi catodici ad indirizzamento casuale asservito ad un calcolatore, soltanto le zone utili di un fotogramma. La ubicazione di tali zone è stabilita di volta in volta, sia in base ai criteri desunti dal tipo di evento fisico in esame, sia in funzione dell'informazione acquisita dalla parte già esplorata del fotogramma.

Rispetto a quello citato^{(1), (2)}, il sistema presente usufruisce di un calcolatore più piccolo ed ha obiettivi più limitati, almeno nella versione attualmente in funzione di cui si occupa la presente nota.

2.

2. - DESCRIZIONE DEL SISTEMA -

L'apparecchiatura è schematicamente descritta in fig. 1 e con-

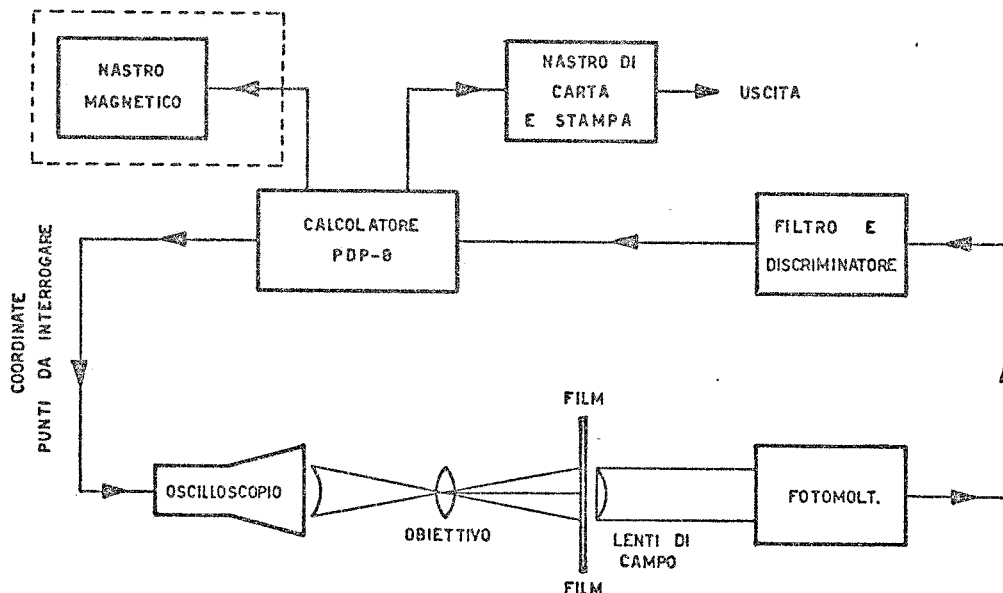


Fig. 1 - Schema a blocchi del sistema di analisi automatica di film di camere a scintilla.

siste di:

a) Il calcolatore.

Il calcolatore usato è il PDP-8 (costruito dalla Digital Equipment Co.) la cui memoria è di 4096 parole di 12 bit; il ciclo base di addizione è di 3 μ sec; funzionamento è di tipo parallelo; l'ingresso e l'uscita dei dati sono previsti, nella versione base attualmente in funzione, avvenire tramite una telescrivente ASR-33 munita di perforatore-lettore di nastro di carta. Ad esse verrà aggiunta una unità a nastro magnetico IBM compatibile, (tratteggiata in fig. 1) per elaborazioni successive in un grande calcolatore.

b) Il tubo a raggi catodici.

L'unità periferica CRT 30N (costruito dalla D.E.C.) è costituita da un tubo a raggi catodici (C.R.T.) di precisione, da un convertitore digitale analogico (C.D.A.) e da un registro tampone.

Il C.R.T. è del tipo a deflessione magnetica, la sua macchia catodica ha un diametro, al 50% dell'intensità, di ~ 0.45 mm e la sua stabilità di posizionamento a lungo termine è di $\sim 0.5\%$. L'area utile esplorabile è un quadrato di 24×24 cm² suddiviso in 1024×1024 punti. Il posizionamento della macchia catodica in corrispondenza di uno di questi punti avviene nella seguente maniera: il calcolatore invia al registro tampone le coordinate (x, y) del punto da esplorare; il C.D.A. trasfor-

ma queste coordinate in una tensione che, opportunamente amplificata, viene inviata alle bobine di deflessione del C.R.T.; con un ritardo di $\sim 45 \mu\text{sec}$ necessario perchè la corrente raggiunga il valore di regime nelle bobine di deflessione viene intensificata la macchia catodica per un tempo di $\sim 10 \mu\text{sec}$.

c) Dispositivo rivelatore di trasparenza.

Tramite un'ottica opportuna, l'immagine di un punto sul C.R.T. è riprodotta sul film in corrispondenza delle coordinate (x', y') di film. Un fotomoltiplicatore posto dietro il film risponde all'impulso luminoso solamente se il film è trasparente in corrispondenza del punto stesso. La risposta del fotomoltiplicatore, tramite un filtro, un amplificatore, ed un discriminatore, varia l'assetto di un bistabile nel calcolare (flip-flop di trasparenza). Lo stato di questo bistabile può essere interrogato ed alterato a programma. Naturalmente la presenza e l'ampiezza dell'impulso in uscita dal fotomoltiplicatore dipendono dal contrasto e dalle dimensioni relative dell'immagine del punto luminoso e dell'area non trasparente. Ciò è noto ed è già stato discusso in dettaglio in precedenza⁽³⁾.

Fra il fotomoltiplicatore ed il film è interposto un sistema di lenti (v. fig. 1). Scopo di queste lenti è di far sì che il fotomoltiplicatore veda sotto lo stesso angolo solido qualunque punto dello schermo del C.R.T. In fig. 2 è riportata l'uscita del fotomoltiplicatore allorchè, in assenza delle lenti di campo, il punto luminoso descrive sul C.R.T. una punteggiata diagonale; è chiara la diminuzione della quantità di luce ricevuta allorchè il punto luminoso si trova sulle estremità della diagonale; la quantità di luce ricevuta in queste condizioni può diminuire ad $1/3 \div 1/4$ di quella ricevuta da un punto luminoso vicino all'asse ottico del sistema (parte centrale di fig. 2). La correzione apportata è illustrata in fig. 3: come si vede le fluttuazioni del segnale elettrico sono ridotte a $\sim \pm 10\%$ rispetto al valore medio e sono pressochè indipendenti dalla posizione. Tali fluttuazioni residue sono causate dalla fluttuazione della luminosità del punto sul C.R.T. e da correnti di rumore nel fotomoltiplicatore e pongono un limite alla risoluzione del sistema come verrà più innanzi precisato.

d) Il trasporto del film.

La meccanica del trasporto del film è prevista per pellicola 35 mm perforata. Il fotogramma è fermo durante l'analisi ed il film viene fatto avanzare al termine di essa di una lunghezza pari ad un fotogramma.

Il meccanismo è stato ricavato da una macchina da ripresa di tipo standard costruita ed usata presso i Laboratori Nazionali di Frascati. Sono state apportate alcune modifiche consistenti nella sostituzione del motore originale con uno più lento ed a più elevata coppia di spunto allo scopo di elevare la precisione nel posizionamento del fotogramma. La velocità di 1 fotogr./1,5 sec che ne risulta, è sufficiente per i presenti scopi.

Altre modifiche sono state rese necessarie dall'aggiunta del sistema ottico condensatore-fotomoltiplicatore.

Il motore con opportuno riduttore è continuamente in moto; una frizione azionata da un elettromagnete trasmette il moto alla ruota dentata che trascina la pellicola. L'arrivo dell'impulso di comando avanzamento del calcolatore fa commutare un bistabile (flip-flop di avanzamento), l'uscita del quale, opportunamente amplificata, eccita l'elettromagnete, il quale serrando la frizione provoca l'avanzamento della pellicola. Allorchè la pellicola è avanzata di un fotogramma (36 mm) un interruttore riazzera il flip-flop, diseccitando perciò il magnete. Nel tempo in cui l'avanzamento è in moto, il calcolatore attende la fine di tale operazione interrogando continuamente il flip-flop di avanzamento; quando quest'ultimo viene azzerato il calcolatore inizia l'analisi del fotogramma (I modo di funzionamento).

L'azzeramento del flip-flop di avanzamento può anche avvenire a programma (II modo di funzionamento); in tali condizioni il sistema esplora con continuità una zona del film, che sta avanzando, allo scopo di identificare opportuni segni (fiduciali o altro) sulla pellicola, che segnalino la fine del tratto di cui la pellicola deve avanzare. La lunghezza di cui far avanzare la pellicola viene pertanto determinata dal programma.

3. - CARATTERISTICHE -

a) - Risoluzione.

La risoluzione del sistema è stata misurata col metodo dello "shrinking raster". Questo, come è noto⁽³⁾, consiste nel porre al posto del fotogramma reticoli di passo decrescente e nell'osservare all'oscillografo la variazione della modulazione del segnale in uscita dal fotomoltiplicatore.

Si definisce risoluzione del sistema il valore del passo del reticolo per il quale la modulazione (cioè rapporto fra l'ampiezze in uscita dal fotomoltiplicatore corrispondenti a righe opache e trasparenti) è del 50%. Nel nostro caso la risoluzione è risultata essere $\approx 50 \mu\text{m}$ (su un'area di $24 \times 24 \text{ mm}^2$). In fig. 4 è riportata l'uscita del fotomoltiplicatore quando si analizza con una punteggiata orizzontale un reticolo con passo di $50 \mu\text{m}$.

Questa risoluzione corrisponde ad una trasparenza nulla della parte opaca. All'aumentare della trasparenza della parte opaca diminuisce la risoluzione.

b) - Sensibilità alle variazioni di trasparenza.

E' facile dedurre da quanto detto (v. 2c), ed è del resto ben no

to⁽³⁾, che il sistema rivela la presenza di punti opachi quando sulla pellicola c'è una sufficiente variazione di trasparenza.

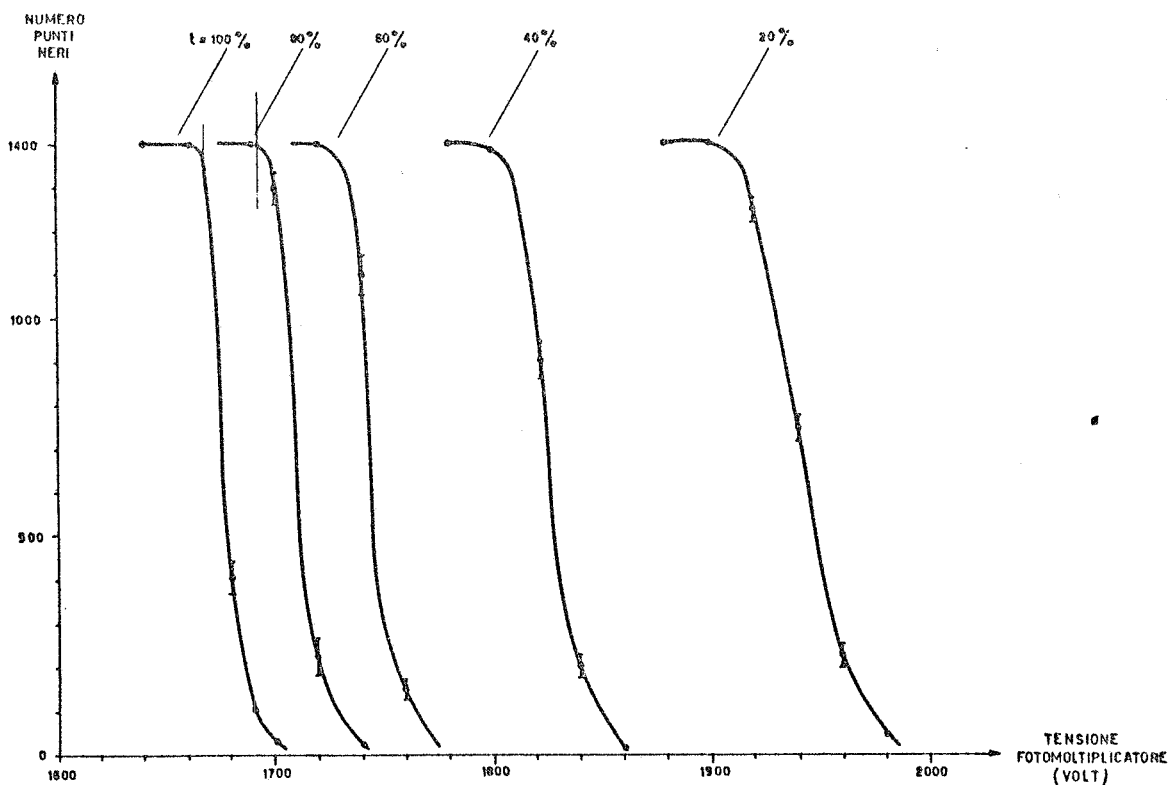


Fig. 5 - Curve di sensibilità alle variazioni di trasparenza.

In fig. 5 è riportato il numero dei punti che il sistema considera opachi, in funzione della tensione del fotomoltiplicatore al variare del coefficiente di trasmissione t di filtri neutri messi al posto dei fotogrammi. Da questa figura si può vedere, per esempio, come, rimanendo costante la tensione del fotomoltiplicatore, variando la trasparenza da $t = 100\%$ a $t = 80\%$ si passa dalla situazione di tutti punti trasparenti a quella di tutti punti opachi, per cui risulta che la minima variazione di trasparenza che il sistema sicuramente rivela è di circa il 20% . Ciò è in accordo con quanto detto al 2c), cioè che l'intensità della macchina catodica è uniforme entro il $\pm 10\%$ su tutta l'area dello schermo del C.R.T.

c) - Stabilità.

Allo scopo di misurare la stabilità del sistema sono stati effettuati due gruppi di misure (v. fig. 6). Il gruppo A) si riferisce a misure fatte con un alimentatore esterno di post-accelerazione del tipo NJE (stabilità $\sim 1\%$) mentre il gruppo B con uno di tipo BRANDENBURG con caratteristiche di stabilità migliori (0.1%).

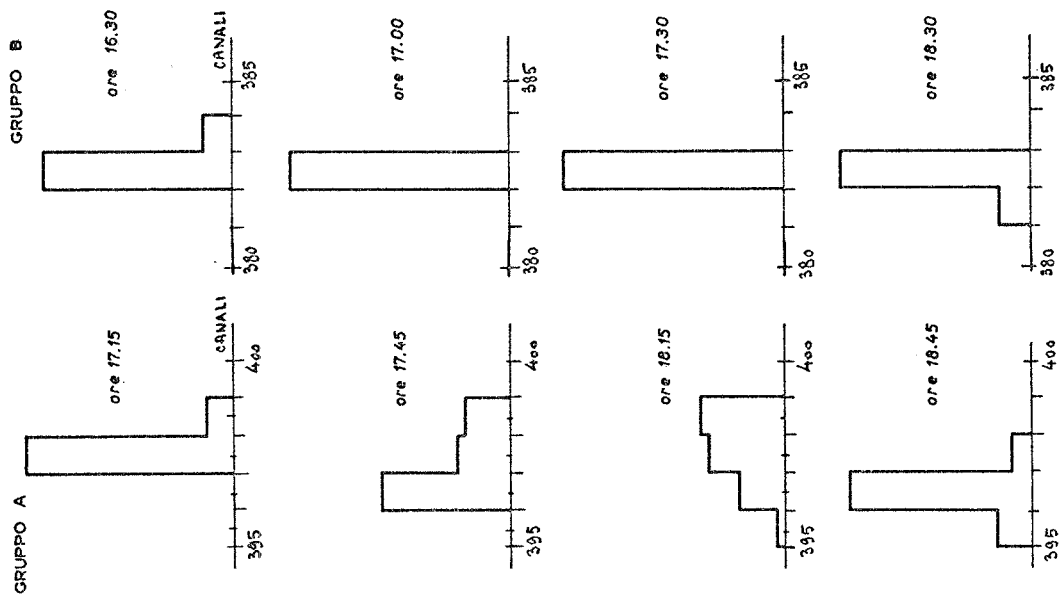


Fig. 6 - Misure di stabilità.

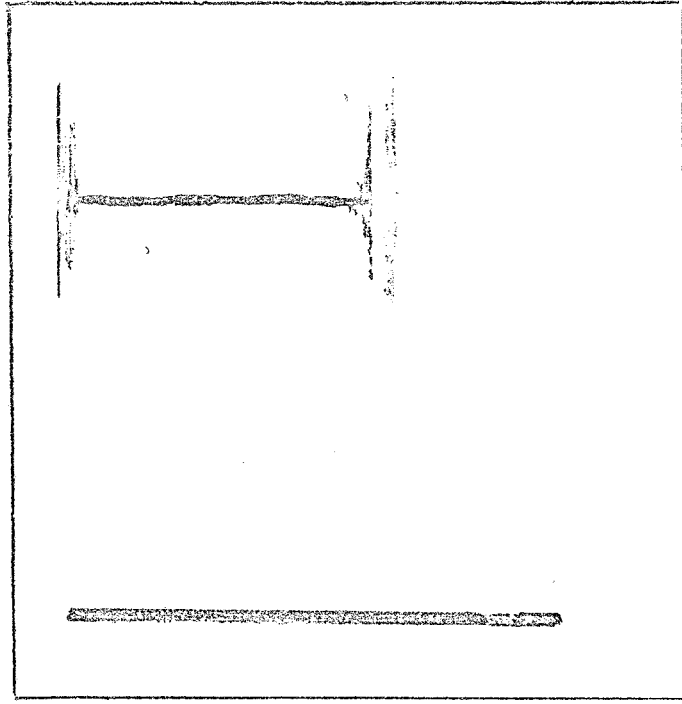


Fig. 7 - Fotogramma di "monogap".

Le misure riportate sono quelle fatte al termine del normale orario di lavoro allorchè si presume che le variazioni di carico sulla rete siano più cospicue. Il risultato di una misura consiste in uno spettro con circa 600 eventi, della distanza fra due linee di riferimento spaziale circa 8 mm. Il tempo necessario per la raccolta di tali spettri è circa 15' (~ 0.75 eventi/sec.). La scala orizzontale degli spettri è di $25 \mu\text{m}/\text{canale}$. Come si può notare si ha un sensibile miglioramento: in fatti nel gruppo B non si ha nessuno spostamento apprezzabile nella posizione del picco durante un periodo di circa 2 ore che si può assumere come il tempo massimo per l'analisi di un film.

4 - ANALISI DI FOTOGRAMMI DI "MONOGAP" -

Come prima utilizzazione del sistema, allo scopo di provarne il funzionamento in condizioni reali, è stato scelto un tipo molto semplice di fotogramma (v. fig. 7). In esso appare una singola vista di una camera "monogap" ed un fiduciale di riferimento perpendicolare ai piatti della "monogap". La grandezza che interessa è la distanza della scintilla stessa.

Il risultato finale di questa analisi è costituito dallo spettro del numero di eventi in funzione della distanza sopradetta. Uno spettro di questo tipo ottenuto dall'analisi automatica di ~ 6000 fotogrammi è riportato in fig. 8. In essa, a scopo di confronto, sono riportati anche i risultati ottenuti dall'analisi manuale mediante coordinatografo, degli stessi fotogrammi.

La scala delle ascisse è di 1.8 mm di spazio reale/canale.

I due spettri a parte la diversità di numero totale di eventi risultano praticamente coincidenti. Per porre meglio in evidenza ciò, in fig. 9 è stata riportata la quantità:

$$r = \frac{\sum_{i=i-n}^{i+n} C_i}{C}$$

ove i è l'indice del canale centrale, C_i il contenuto del canale i esimo, C il numero totale di eventi, e $2n$ il numero di canali intorno a quello centrale su cui si effettuano le somme parziali. Le curve relative ai due tipi di analisi coincidono entro gli errori statistici. ~~Similmente però che~~

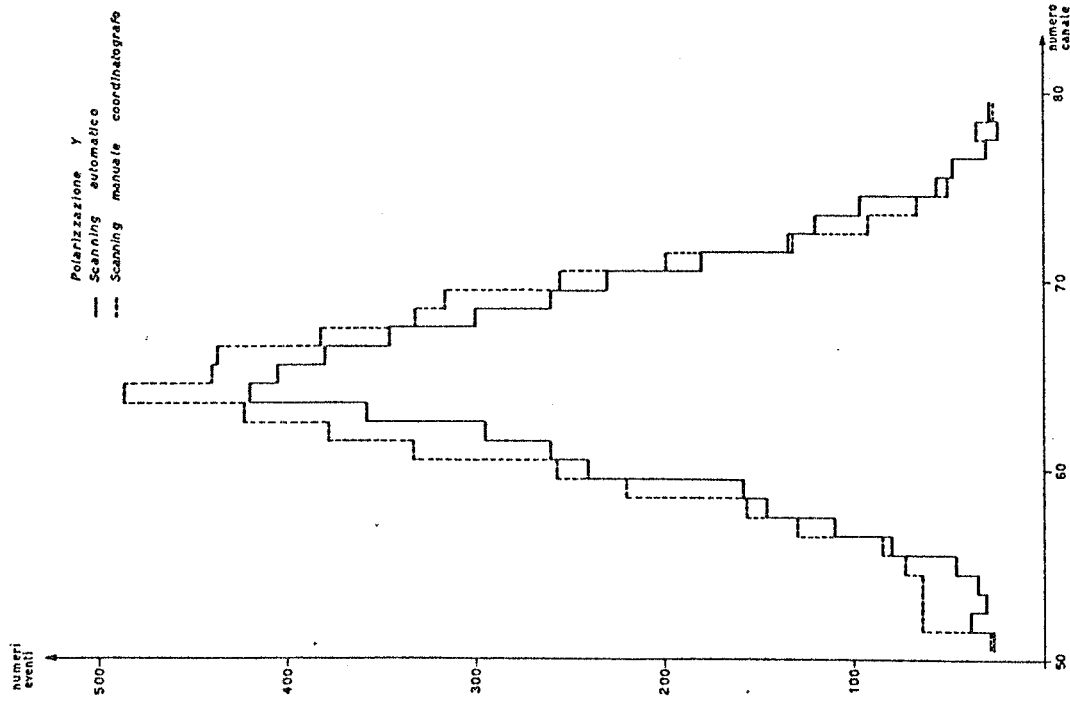


Fig. 8 - Risultati dell'analisi manuale ed automatica di fotogrammi di 'monogap'.

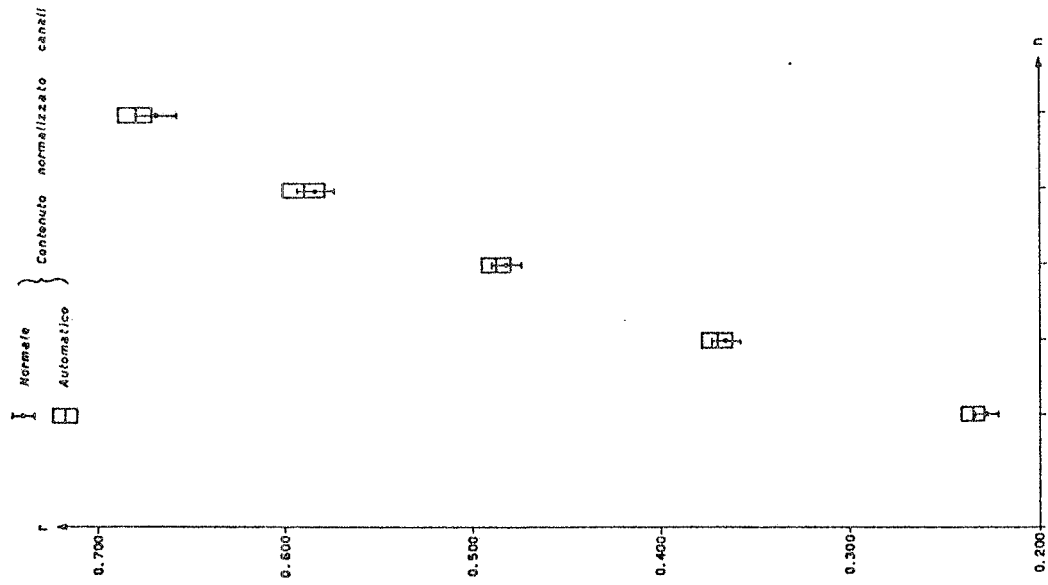


Fig. 9 - Somme parziali normalizzate degli istogrammi di fig. 8.

Riguardo alla differenza di numero di eventi, menzionata in precedenza, si riportano qui appresso i valori trovati:

- Totale fotogrammi analizzati	6148	
- Eventi misurati manualmente	5973	97%
- Eventi misurati automaticamente	5120	83%

Da essa risulta che l'efficienza dello scanning automatico è di ~14% inferiore a quello manuale. ^(x)

Tale minor efficienza è principalmente dovuta alla diversità, fra vari fotogrammi, dell'annerimento provocato dalla scintilla. Adottando criteri di riconoscimento più complessi si potrebbe migliorare tale efficienza.

Il programma con cui sono stati ottenuti i risultati descritti si suddivide in due parti:

- 1) programma di calibrazione
- 2) programma di analisi.

1) Programma di calibrazione -

Questo programma viene usato all'inizio dell'analisi di ciascun film. Esso permette di presentare sul tubo a raggi catodici tutto il contenuto di un fotogramma.

In tal modo è possibile effettuare rapidamente tutte le operazioni di messa a punto del sistema, quali ad es. il potenziamento del primo fotogramma di un film e la regolazione della tensione del fotomoltiplicatore, etc.

Mediante la "light pen" è inoltre possibile ricavare le costanti necessarie al programma di analisi.

2) Programma di analisi -

Lo schema a blocchi di questo programma è riportato in fig. 10.

In esso è descritta la sequenza delle operazioni effettuate nella analisi di un film.

Queste iniziano con l'azzeramento di tutti i registri e delle locazioni di memoria usate per l'immagazzinamento dei dati; successivamente il contatore di fotogrammi analizzati è incrementato di una unità; viene esplorata una striscia rettangolare centrata a circa metà altezza della "monogap"; mediante opportuni criteri viene accertata l'esistenza del fiduciale e della scintilla; ne vengono poi calcolati i baricentri e la distanza relativa, distanza che viene, infine, classificata e memorizzata.

(x) - Tale efficienza è da considerarsi normale per un primo tentativo. Infatti, ad es., il sistema SPASS presentava⁽²⁾ una perdita di eventi buoni del 25%, ridotta poi al 15% dopo l'eliminazione di errori ovvi.

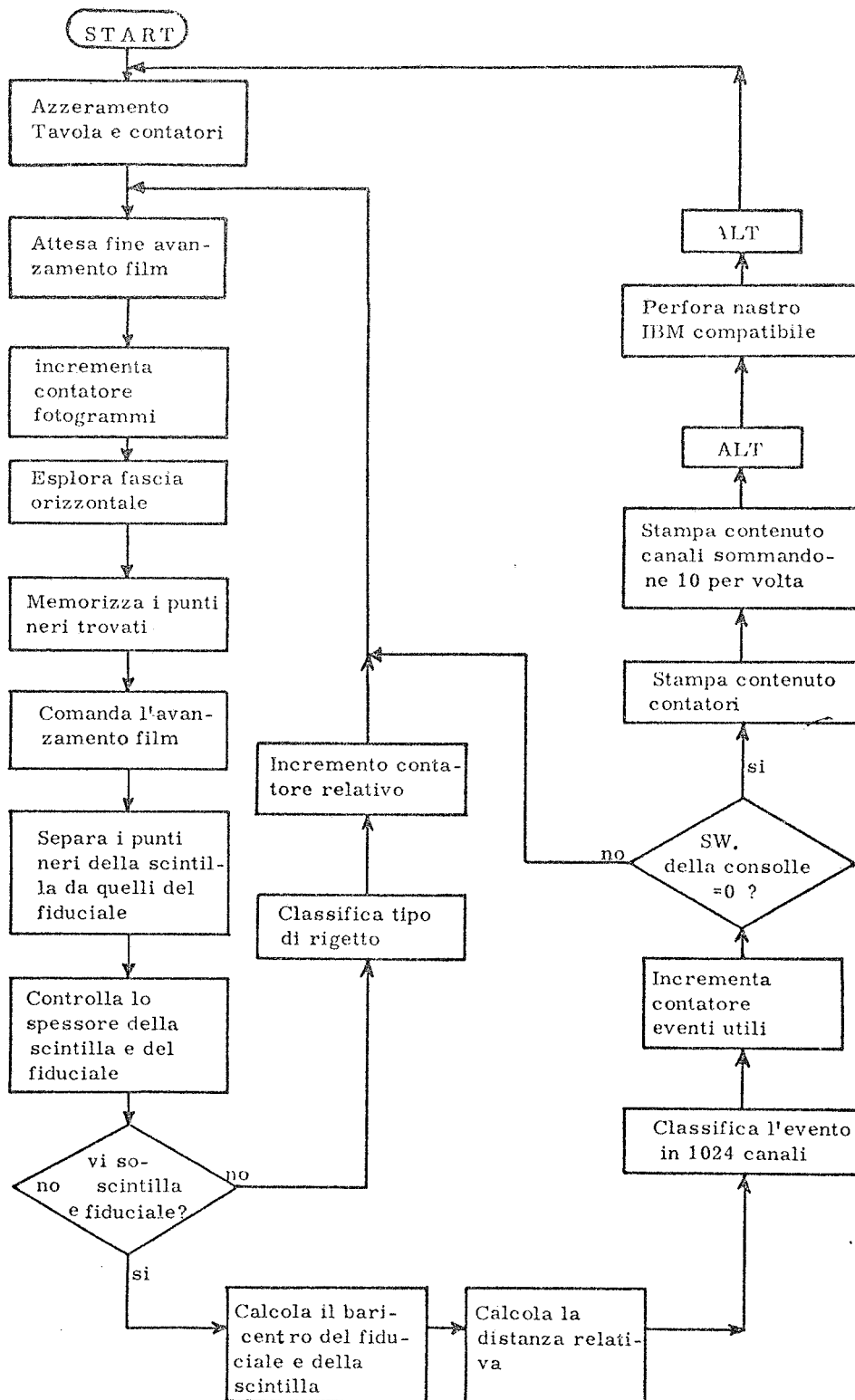


Fig. 10 - Diagramma a blocchi del programma di analisi di fotogrammi di "monogap".

Sono stati previsti 3 motivi di rigetto con relativi contatori:

- i) fotogramma vuoto
- ii) assenza del fiduciale o della scintilla
- iii) presenza di più di una scintilla.

Alla fine dell'analisi di un film, mediante gli switch della console, vengono stampati dalla teletype i contenuti dei vari contatori e lo spettro degli eventi utili. Al termine della stampa è possibile riportare lo spettro su nastro di carta perforata IBM-compatibile per eventuali calcoli successivi.

Occupazione di memorie è la seguente:

- 1) programma di analisi e calibrazione ~ 700 parole;
- 2) tavole immagazzinamento temporaneo punti neri ~ 1000 parole;
- 3) tavole memorizzazione spettro e contatori 1030 parole.

Il tempo necessario ad effettuare l'analisi descritta è di ~ 0.5 sec. In realtà a causa della lentezza dell'avanzamento, è quest'ultimo che impone una velocità di ~ 1.5 sec/fotogramma.

5. - CASI ALLO STUDIO -

a) - Misura della direzione di volo di un fotone.

Uno dei problemi più importanti che stiamo studiando è quello del riconoscimento di un fotone e della misura della sua direzione di volo;

I fotogrammi ^(x) che vogliamo analizzare si riferiscono al dispositivo di fig. 11. In essa sono riportate le dimensioni reali del sistema. Il quadrato tratteggiato si riferisce all'area ricoperta dal dispositivo esploratore riportata nello spazio reale.

La camera CA elimina i casi in cui una particella carica sia entrata nel dispositivo. I fotoni, rivelati da una coincidenza $S_1 S_2 \bar{S}_3 S_4$, si convertono in C e vengono rivelati sotto forma di coppie e^+ e e^- nella camera a scintilla CS composta da 8 gaps.

I criteri con cui viene effettuato il riconoscimento del fotone è il seguente:

- a) almeno 2 scintille allineate nelle 3 gap seguenti al convertitore C;
- b) nessuna scintilla in CA in corrispondenza a quelle trovate in CS;

(x) - Tali fotogrammi si riferiscono a prove fatte per studiare il dispositivo sperimentale dell'esperienza $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma^{(4)}$ in corso di realizzazione presso "Adone".

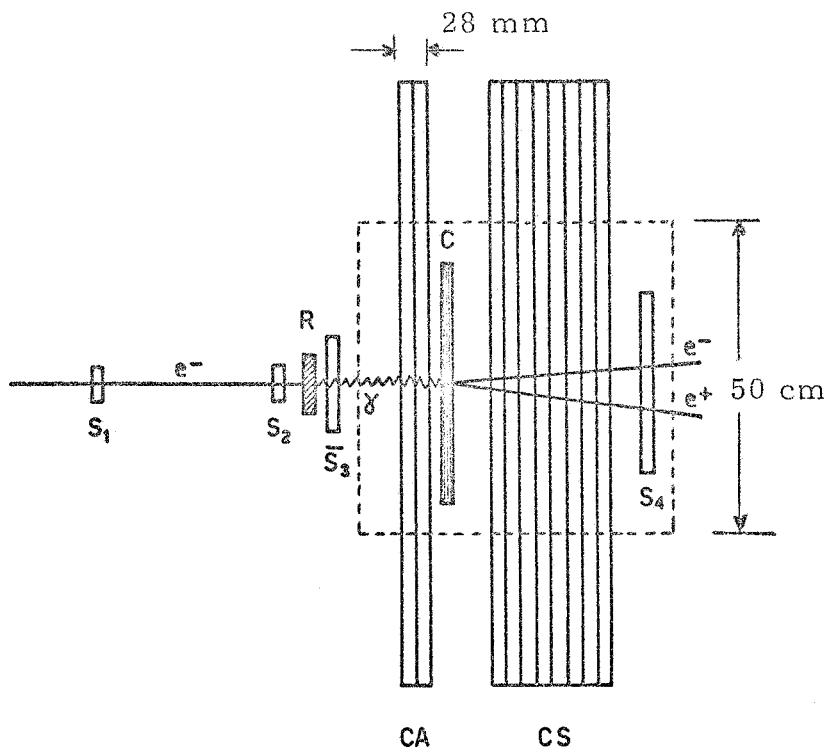


Fig. 11 - Dispositivo per la rivelazione di fotoni.

c) almeno altre 2 scintille nelle altre gaps seguenti di CS.

La ricostruzione della direzione di volo del fotone e del punto di conversione viene effettuata per mezzo di baricentri gap per gap delle scintille trovate entro un cono di 90° a partire dal vertice accertato dello sciame;

L'assieme dei programmi necessari per l'analisi dei fotogrammi secondo i criteri descritti occupa circa 1300 parole, mentre altre ~ 1000 parole sono riservate alle tavole per la memorizzazione temporanea dei dati;

b) - Programmi per inseguimento di tracce -

Un altro problema allo studio già parzialmente risolto è quello della misura della traccia di una particella carica in camera a scintilla e la determinazione dei punti caratteristici.

Viene prima effettuata la ricerca del punto di inizio della traccia mediante la esplorazione delle prime 2 gap. Successivamente la traccia viene inseguita fino al suo termine e i baricentri delle scintille trovate vengono memorizzati per le elaborazioni successive.

L'occupazione di memorie per questo programma è di ~ 400 parole.

6. - CONCLUSIONI -

a) Risoluzione -

La risoluzione è di 50 μm su 24 mm ($2^0/00$) cioè si è certi di rivelare tutte le scintille (le cui dimensioni laterali sono ~ 2 mm nello spazio reale) se si riproduce sull'area utile del fotogramma ($24 \times 24 \text{ mm}^2$) una o più viste di camere a scintille la cui area totale nello spazio reale non sia superiore ad $1 \times 1 \text{ m}^2$. In caso contrario si rende necessario un tubo a R.C. di più alta precisione ($1/2000 \pm 1/4000$) oppure ricorrere ad alcuni artifici come ad es., l'uso di più macchine fotografiche o l'utilizzazione di fotogrammi più grandi ($24 \times 48 \text{ mm}^2$, $24 \times 96 \text{ mm}^2$, ecc.) la cui esplorazione viene effettuata in serie sfruttando l'avanzamento controllato dal calcolatore in linea.

b) - Capacità di analisi -

Nella configurazione attuale, una analisi completa è possibile soltanto per casi abbastanza semplici come quelli che abbiamo esaminato.

Per casi più complessi come fotogrammi con più viste di camere a scintille e con logiche più complicate per il riconoscimento dell'evento fisico, il sistema è in grado di operare soltanto l'acquisizione e riduzione dei dati^(x) dal fotogramma devolvendo ad un calcolatore più grande tutto il complesso delle operazioni successive necessarie per la classificazione finale dell'evento.

Quest'ultimo modo di operare ci sembra essere il più conveniente sia per la sua flessibilità sia dal punto di vista economico.

Infatti, secondo tale schema, è possibile effettuare diverse analisi dello stesso fotogramma, utilizzando di volta in volta diverse logiche di riconoscimento dell'evento stesso, senza, per questo, dover ripetere ogni volta la fase di acquisizione e riduzione di dati dal fotogramma.

Inoltre durante questa fase, a causa della relativa lentezza del sistema di lettura del fotogramma, vi è una notevole perdita di tempo macchina per il calcolatore in linea. Se questo, quindi, fosse di dimensioni tali da essere in grado di effettuare l'analisi completo di un fotogramma, il costo di analisi potrebbe assumere proporzioni non accettabili.

(x) - Con tali termini si intendono le operazioni di lettura dei numeri binari, di riconoscimento di misura e di calcolo dei baricentri dei fiduciali, delle scintille, ecc.

RINGRAZIAMENTI -

Si desidera ringraziare il Prof. L. Mezzetti per il costante incoraggiamento nell'esecuzione del presente lavoro, ed il Sig. P. Arbitrio per la collaborazione prestata nella scrittura in linguaggio base di alcuni programmi.

BIBLIOGRAFIA -

- (1) - H. Rudloe, M. Deutsch and T. Marril, Communication of the Association Computing Machines (1963), p. 332.
- (2) - M. Deutsch, IEEE Trans. N.S. 12, 4, p. 69 (1965).
- (3) - M. Avaltroni e F. Pandarese, Report LNF-65/33 (1965).
- (4) - C. Bacci et al., Preliminary proposal for the measurements of the processes $e^+ e^- \rightarrow \gamma + \gamma$; $e^+ e^- \rightarrow \pi^0 + \gamma$. Nota interna LNF-66/4 (int.) (1966).