

COMITATO NAZIONALE PER L'ENERGIA NUCLEARE
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-73/72
28 Dicembre 1973

M. Barotti, E. Di Capua, R. Giacalone, G. Matone, V. Poggi, L. Satta,
L. Tau e G. Ubaldini: DESCRIZIONE DI UN APPARATO PER LA
MISURA DELLA FOTOPRODUZIONE DI π^0 SU DEUTERIO.

M. Barotti, E. Di Capua^{(x)(o)}, R. Giacalone^(x), G. Matone, V. Pocci^(x),
L. Satta, L. Tau^{(x)(o)} e G. Ubaldini: DESCRIZIONE DI UN APPARATO
PER LA MISURA DELLA FOTOPRODUZIONE DI π^0 SU DEUTERIO. -

1. - INTRODUZIONE. -

In questa nota descriviamo le caratteristiche tecniche di un apparato sperimentale realizzato presso i LNF e utilizzato per un esperimento di fotoproduzione di π^0 su neutrone alla I^a risonanza⁽¹⁾. Riteniamo che sia interessante rendere note le caratteristiche tecniche di questo apparato in quanto esso realizza un sistema di rivelazione di γ completamente on-line. Come è noto questo problema presenta tuttora un vivo interesse sperimentale.

Nelle sue linee essenziali il sistema consiste in un insieme di rivelatori e in un banco di memorie, entrambi controllati da un calcolatore IBM 1800. Poiché lo scopo dell'esperimento è la rivelazione simultanea di un neutrone e di un π^0 prodotti in una reazione di fotoproduzione, l'insieme dei rivelatori è composto da un contatore per neutroni e due telescopi per i raggi γ di decadimento del π^0 (Fig. 1). I segnali provenienti dai rive

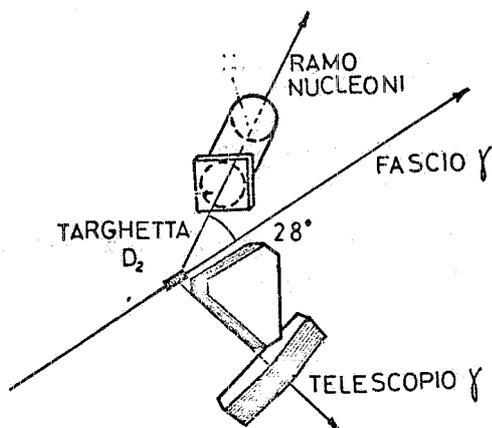


FIG. 1 - Insieme dell'apparato.

(x) - INFN - Sezione di Roma.

(o) - Istituto di Fisica dell'Università di Roma.

2.

latori sono digitalizzati e memorizzati in un sistema programmabile di acquisizione dati (SPAD). Questa unità viene letta dal calcolatore, attivato da un conveniente segnale elaborato dall'elettronica rapida. I dati registrati subiscono da parte del calcolatore una parziale elaborazione e vengono trasferiti su nastro magnetico.

Nei paragrafi che seguono si descriveranno in dettaglio le varie componenti dell'apparato.

2. - DESCRIZIONE DEL RAMO γ . -

Il ramo γ è composto da due telescopi, ognuno dei quali rivela uno dei fotoni di decadimento del π^0 .

Ogni telescopio, di forma triangolare^(x) (Fig. 2), è costituito da uno scintillatore plastico in anticoincidenza, visto da 3 fotomoltiplicatori disposti ai tre vertici del triangolo, e da tre unità per la conversione e la rivelazione dei γ .

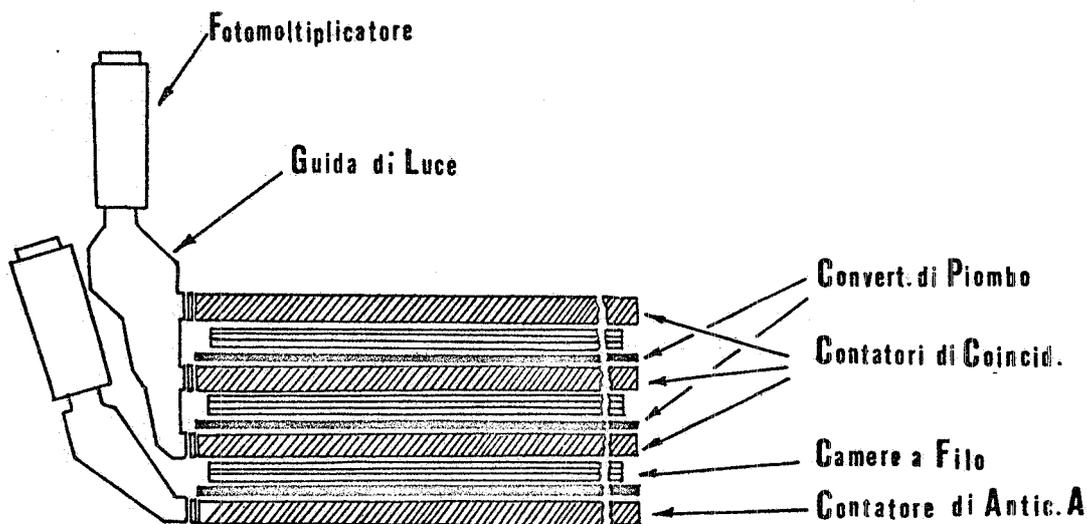


FIG. 2 - Spaccato del telescopio γ .

Ciascuna delle 3 unità, è costituita da 6 mm di Pb, da tre camere digitalizzate e da uno scintillatore plastico.

Gli scintillatori delle tre unità sono visti simultaneamente da tre guide di luce, una per ciascun vertice del triangolo.

(x) - La forma triangolare deriva dal fatto che i due telescopi fanno parte di un rivelatore più grande di forma piramidale, di cui essi sono due facce.

2. 1. - Camere. -

Ogni singola unità di rivelazione del telescopio è composta da 3 camere a magnetostrizione, ciascuna costituita da due piani di fili paralleli dei quali quello di massa viene utilizzato per la lettura. I fili (Cu - Be di 0,1 mm di ϕ) sono orientati secondo 3 direzioni a 60° fra loro e spaziate di 1,2 mm.

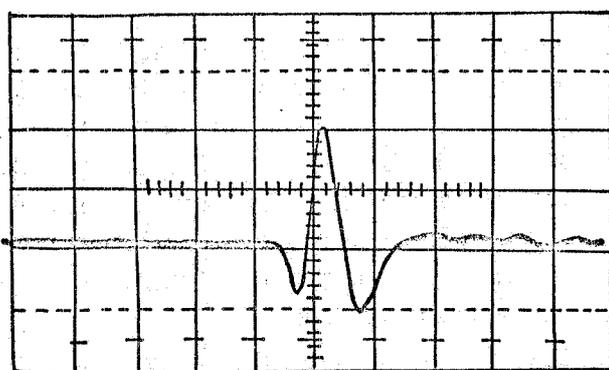
La gap di ogni camera è di 8 mm ed il supporto su cui i fili sono stesi è una cornice di acciaio inox spessa 5 mm, rivestita da due strati di araldite da 1 mm. La parte interna della "gap" è rivestita da una colata di 20 mm di araldite; questo per evitare effetti di bordo. Inoltre per lo stesso motivo, lungo tutta la cornice della camera, al di sotto dello strato di fili, sono state incollate delle strisce di mylar, sporgenti all'interno di circa 5 mm.

Il filo magnetostrittivo, (Fe-Co 50% da 0,1 mm), contenuto da una guaina di teflon di 0,7 x 0,3 mm di ϕ , precedentemente fissata lungo il perimetro della cornice, viene ad un estremo ancorato a massa. Questo è ottenuto tramite una linguetta di rame, a battuta della quale è poi posizionata la bobinetta "ricevente". All'altro estremo il filo è lasciato libero. La bobinetta di lettura è immersa in un campo magnetico permanente ed è il primo stadio di un preamplificatore direttamente fissato sulla cornice esterna.

3. - LETTURA DEI SEGNALI MAGNETOSTRITTIVI. -

La bobinetta di lettura è costituita da 150 spire di filo di rame smaltato da 30μ avvolte in aria su un diametro di 0,2 mm e per uno spessore ≥ 1 mm; caratteristiche queste che permettono di avere la massima sensibilità con una bassa impedenza d'uscita ($\sim 10\Omega$) rispetto a quella d'ingresso del preamplificatore che è di $\sim 50 \div 100\Omega$.

La Fig. 3 mostra un caratteristico impulso magnetostrittivo dopo il preamplificatore.



Asse dei tempi =

= 1 μ sec/cm

Ampiezza = 1 Volt/cm

FIG. 3 - Impulso magnetostrittivo all'uscita del preamplificatore.

4.

E' da notare che un'accurata introduzione e messa in opera del filo magnetostrittivo nella guaina di Teflon, è essenziale per non impedire la propagazione dell'impulso m. s. lungo il filo stesso.

In Fig. 4 è lo schema del circuito del preamplificatore. Lo stadio d'ingresso è costituito da un trasformatore che permette di avere un basso rumore di fondo ed una banda passante tagliata rapidamente al di sopra di qualche Mc/s in modo da essere poco sensibile ai disturbi molto rapidi associati alle scintille.

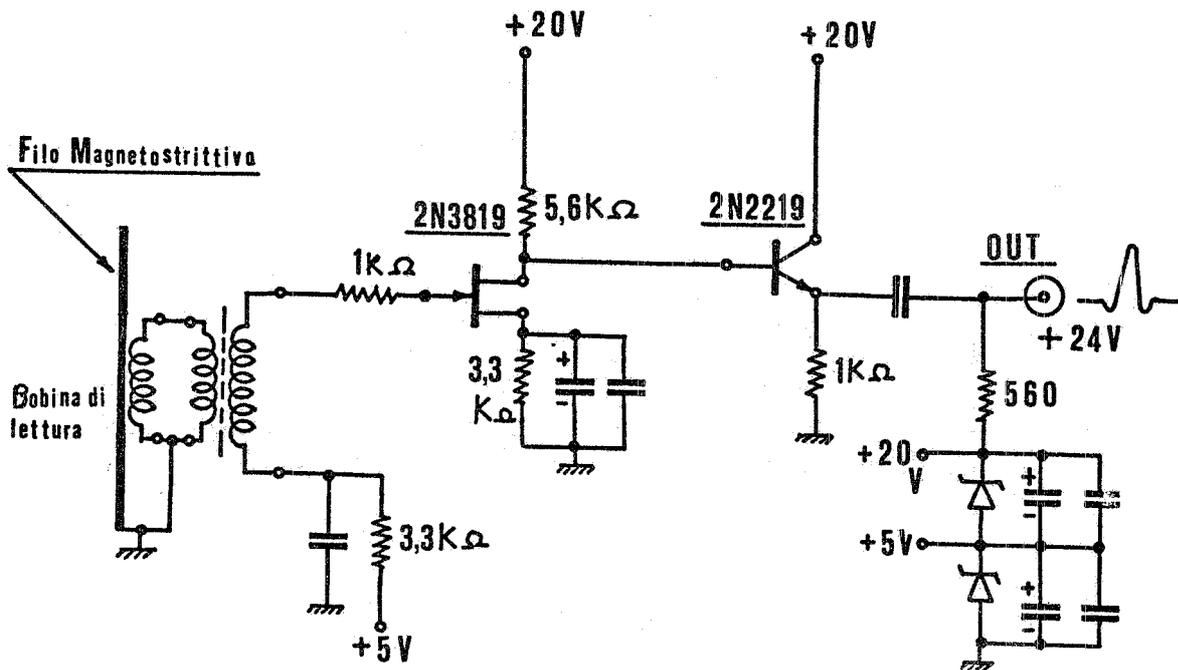


FIG. 4 - Preamplificatore (Schema).

L'impulso in uscita del preamplificatore, dell'ordine di 1 ÷ 2 Volt, viene formato in ampiezza da un circuito successivo e quindi inviato allo SPAD (v. § 8) per essere digitalizzato e quindi registrato dal Computer.

4. - TECNICA DI IMPULSO DI A. T. -

Dal punto di vista della propagazione dell'impulso di A. T. una camera può essere considerata come una linea di trasmissione di impedenza variabile, a causa della forma triangolare della camera stessa. Da un estremo all'altro l'impedenza varia da 25Ω a 33Ω . Buoni risultati sono stati ottenuti usando un impulso di comando di breve durata e di elevata ampiezza (~ 5 KV) e di forma rettangolare. E' naturalmente necessario adattare la camera sulla sua impedenza caratteristica. L'ampiezza dell'impulso di tensione sulla camera è la metà dell'A. T. di alimentazione.

Per la formazione dell'impulso di A. T. è stata impiegata una linea a costanti concentrate a 4 stadi (Fig. 5) che fornisce un impulso di ~ 100 ns di durata con un tempo di salita di ~ 15 ns.

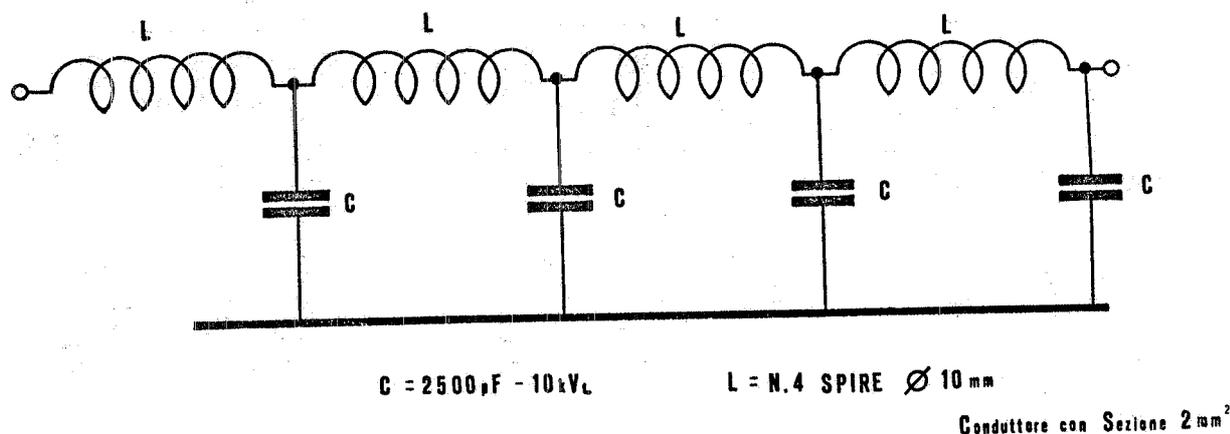


FIG. 5 - Linea a costanti concentrate per la formazione dell'impulso di A. T.

L'impedenza caratteristica della linea a costanti concentrate è di 8Ω . Ciò permette di comandare con una sola linea simultaneamente una terna di camere.

Nella Fig. 6 è raffigurato lo schema del circuito di comando per tutte le camere di un telescopio γ .

4.1. - Efficienza delle camere. -

Le nostre necessità sperimentali, richiedono, oltre ad un buon range di tensione di lavoro, una buona efficienza quando si abbia un ritardo dell'ordine di 800 ns fra il passaggio della particella e l'applicazione dell'impulso di A. T. sulla camera stessa.

La Fig. 7 mostra l'andamento dell'efficienza in funzione della tensione di lavoro per ciascuna camera di un telescopio γ , e per l'intero telescopio. La Fig. 8 mostra le curve di memoria (A. T. = 10 KV, campo pulitore $V_p = 40 \text{ V}$) per la stessa camera.

4.2. - Efficienza per la rivelazione dei γ . -

L'efficienza di rivelazione dei fotoni in un settore è determinata, oltre che dall'efficienza della camera, soprattutto dalla probabilità di conversione del fotone nei tre strati di Pb. Questa probabilità è stata misurata in funzione dell'energia del fotone, utilizzando lo spettrometro a coppie del Sincrotrone, con una tecnica descritta nella nota LNF-70/13 di G. Capon ed al.⁽²⁾

Per distinguere le tracce degli sciame associati ai fotoni rivelati dalle eventuali spurie si fa uso di due differenti criteri.

Se lo sciame è visibile in una sola unità (3 gap adiacenti) dal telescopio, si richiede che la somma delle tre coordinate sia uguale al dop

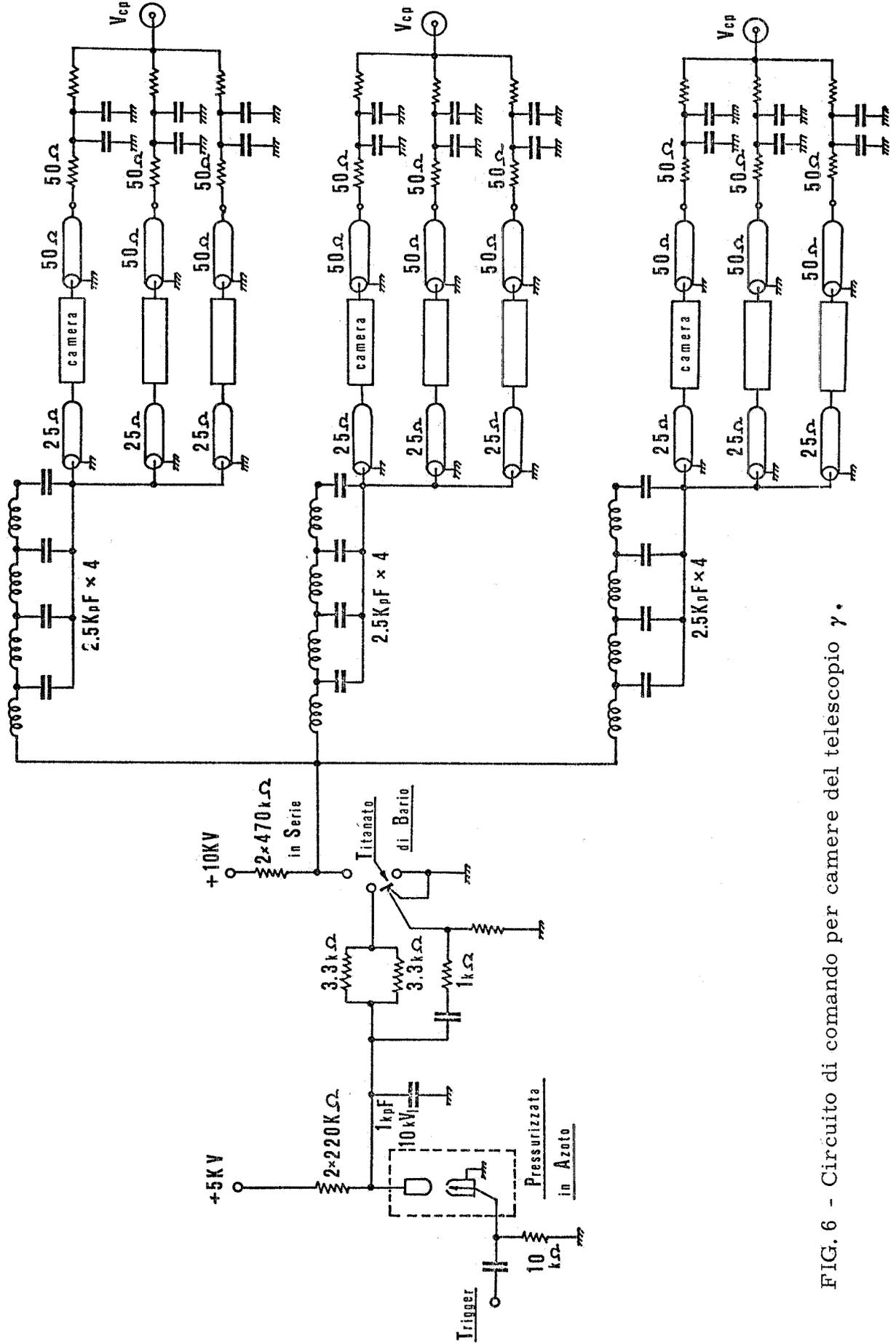


FIG. 6 - Circuito di comando per camere del telescopio γ .

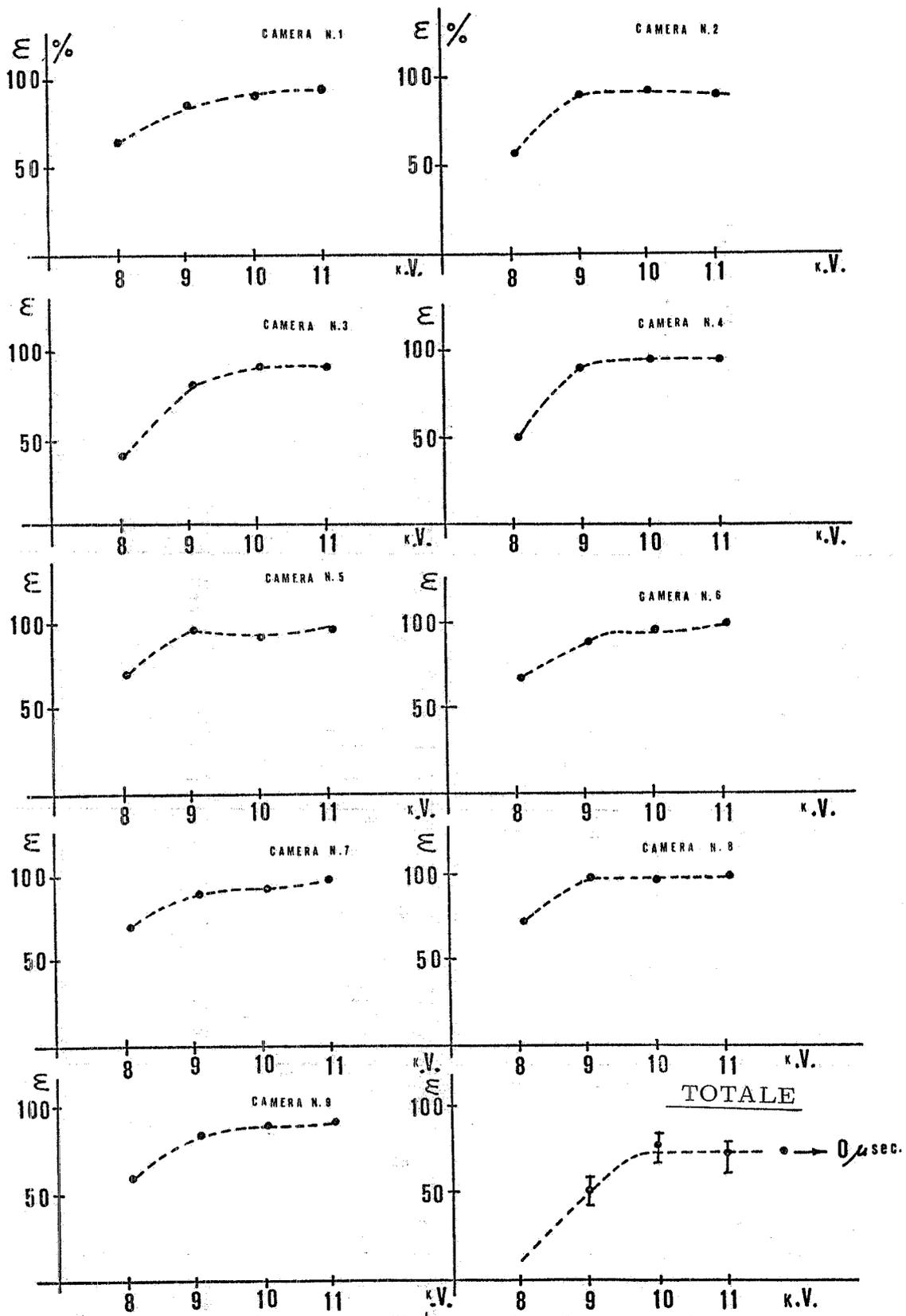


FIG.7 - Misura dell'efficienza (ϵ) delle camere in funzione della tensione di lavoro.

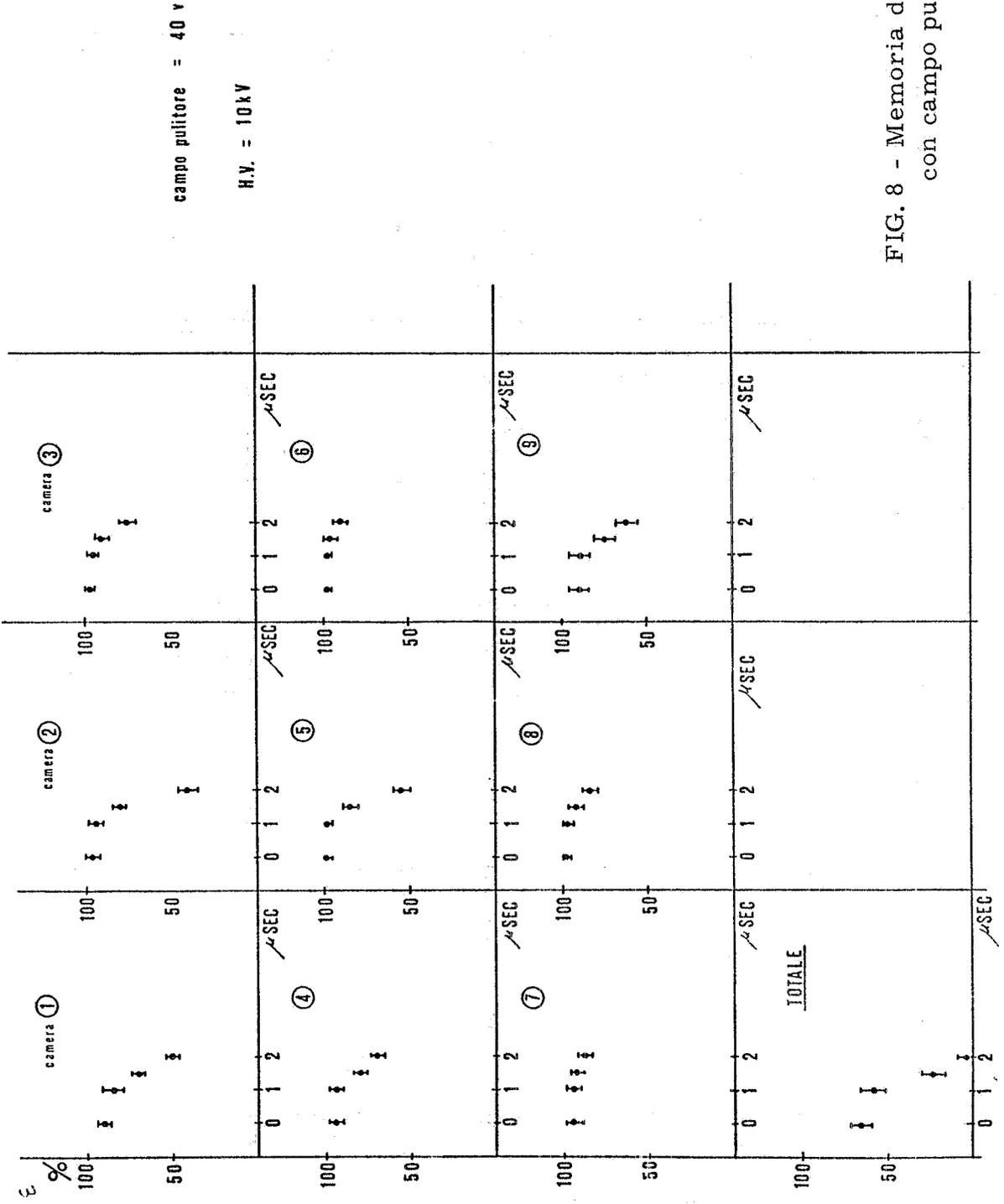


FIG. 8 - Memoria delle camere con campo pulitore.

pio del lato del triangolo (v. § 10). Se invece lo sciame è visibile in almeno due unità consecutive il criterio suddetto viene sostituito da quello che le tracce nelle due unità puntino sulla targhetta nelle viste esistenti.

Questo criterio è valido in quanto l'analisi delle direzioni delle tracce osservate mostra che esse puntano per la quasi totalità al bersaglio.

Con i due criteri su esposti l'efficienza di rivelazione di fotoni convertiti risulta pari al 96%.

E' interessante osservare che la distribuzione degli sciami nelle tre unità che costituiscono il telescopio è in ottimo accordo con la legge esponenziale aspettata in base alla probabilità di conversione.

5. - TEMPI DI VOLO DELLA LUCE DI SCINTILLAZIONE NEI PLASTICI. -

Oltre alle informazioni fornite dalle camere a scintilla vengono registrati anche i tempi di volo della luce di scintillazione nei plastici che costituiscono il telescopio per la rivelazione dei γ . Come si è già detto gli scintillatori di ciascun telescopio hanno una forma triangolare e sono visti ai tre vertici da tre fotomoltiplicatori. Vengono registrati per ciascun settore i tempi di arrivo della luce di scintillazione a ciascun fototubo. La registrazione di queste informazioni ha un duplice scopo:

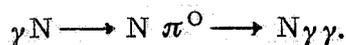
a) Fornisce il tempo zero per la misura del tempo di volo del nucleone. Questo tempo però è affetto da un "jitter" notevole (3-4 ns) perché è la somma dei segnali mescolati provenienti dai vertici dei plastici che hanno dimensioni molto grandi (83 cm di lato). Se però si registra la sequenza temporale dei singoli segnali provenienti dai vertici, è possibile ridurre questo jitter con un semplice procedimento che si descriverà tra breve.

b) Verificando la compatibilità di tali tempi con le posizioni fornite dalle camere a scintilla, è possibile eliminare in gran parte le coincidenze accidentali e ridurre quindi a posteriori il potere risolutivo della coincidenza fra i due telescopi.

Se indichiamo infatti con τ_{ij} ($i = 1, 2$: indice dei due telescopi γ ; $j = 1, 2, 3$: indice di vertice) i tempi sopra citati, si ha:

$$(1) \quad \tau_{ij} - \tau_0 = \frac{\rho_{ij}}{v} + \frac{\delta}{c}$$

dove τ_0 è il tempo zero in cui è avvenuta la reazione:



10.

Q_{ij} è la distanza, in ciascun telescopio, del punto in cui si è convertito il γ ed il vertice j -esimo; v la velocità della luce nel plastico; δ la distanza del punto di conversione dal centro del bersaglio e c la velocità del γ .

Le grandezze δ e Q_{ij} sono misurate dalle camere a scintilla per cui l'errore su δ/c e Q_{ij}/v è di gran lunga inferiore all'errore con cui si determina ciascun tempo t_{ij} .

Questo ultimo errore è stato misurato ed è: $\sigma_{ij} \approx 1,6$ ns. Nelle considerazioni che seguono trascureremo l'errore su Q_{ij} e δ .

τ_0 può essere determinato con il metodo del χ^2 essendo l'unica incognita delle 6 equazioni (1). Si ha quindi un χ^2 a 5 gradi di libertà. Si può facilmente vedere che si ottiene il minimo di χ^2

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 \frac{(\tau_{ij} - \frac{Q_{ij}}{v} - \frac{\delta}{c} + \tau_0)^2}{\sigma^2} \quad \sigma^2 = \sigma_{ij}^2$$

per
$$\tau_0 = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 (\tau_{ij} - \frac{Q_{ij}}{v} - \frac{\delta}{c}) \quad \text{con } \sigma_{\tau_0} = \frac{1}{\sqrt{6}} \sigma = .7 \text{ ns}$$

Inoltre è facile vedere che gli eventi accidentali nella coincidenza $\gamma\gamma$ (che ha un potere risolutivo di ~ 10 ns), verranno in gran parte riconosciuti da un cattivo χ^2 .

6. - CONVERTITORI TEMPO-TEMPO. -

Per la registrazione dei tempi di volo della luce nei plastici dei e per il tempo di volo del nucleone, si fa uso di convertitori tempo-tempo realizzati dal gruppo elettronico dei Laboratori Nazionali di Frascati.

La funzione di questi convertitori è di dilatare il ritardo tra due segnali moltiplicandolo per un fattore ~ 1000 . Questa tecnica (al posto dell'usuale tempo-ampiezza) si è resa necessaria per consentire la digitalizzazione dei tempi, come richiesto dall'uso del computer in linea di cui parleremo in seguito.

Infatti dilatando i tempi dell'ordine di 1 ns si ottengono tempi dell'ordine di $1 \mu\text{s}$ che sono i tempi caratteristici dei segnali magnetostrittivi delle camere.

In questo modo sia i tempi delle camere che i tempi di volo possono essere digitalizzati dallo stesso apparato.

Per i convertitori (7 in tutto: sei per i γ ed 1 per il nucleone) si fa uso di un unico segnale di "GATE" fornito dal MASTER dell'Elettronica.

rapida ed un unico segnale di "START" fornito dalla coincidenza tra i due γ . Per quanto riguarda i segnali di "STOP" gli impulsi di cui si vuole registrare il tempo, vengono formati da discriminatori del tipo zero crossing.

7. - IL RAMO NUCLEONE. -

Come è stato accennato nel 1° paragrafo, i protoni o neutroni di rinculo delle due reazioni $\gamma p \rightarrow p\pi^0$ e $\gamma n \rightarrow n\pi^0$, studiate con il nostro apparato, vengono rivelati da due contatori a scintillazione che nel loro insieme formano il ramo nucleone.

Uno dei due contatori ha dimensioni $40 \times 40 \times 0,5 \text{ cm}^3$; è visto da due fototubi ed ha il compito di distinguere le componenti cariche da quelle neutre nel flusso di particelle che investono l'altro contatore, ad esso retrostante e che in seguito indicheremo con "S". Quest'ultimo è costituito da un unico blocco cilindrico di scintillatore plastico (30 cm di diametro e 30 cm di spessore) visto, attraverso una guida di luce in aria, da un fototubo 58 AVP, sistemato sull'asse dello scintillatore stesso.

E' importante per l'esperimento uno studio accurato della stabilità nel tempo del contatore "S", per la conoscenza dell'efficienza per la rivelazione dei neutroni. A questo scopo si è curata molto la parte relativa alla alimentazione del fototubo: primo, facendo uso di un alimentatore ad alta stabilità; secondo, usando un partitore transistorizzato molto stabile.

Per il controllo di questo contatore è stato necessario digitalizzare la catena lineare d'analisi d'ampiezza degli impulsi di "S" per poter inviare l'informazione al calcolatore e registrarla su nastro. In questo modo è possibile associare ad ogni tempo di volo misurato la corrispondente ampiezza, ed è possibile, in qualunque momento, richiedere al calcolatore di effettuare i previsti controlli di stabilità.

La catena lineare impiegata è standard. L'uscita, in forma analogica, viene inviata ad un convertitore analogico-digitale E. G. G. (mod. ADC 128). L'uscita di questo circuito, in binario, viene presentata su un registro su cui rimane impostata fino a che il calcolatore, dopo averla letta, azzerata e abilita il circuito a funzionare di nuovo con un segnale di "Fine lettura". Per evitare di impegnare un digital input del calcolatore soltanto con questo circuito, ogni bit del registro di uscita (in tutto 8 bit) viene inviato separatamente dagli altri ad un ingresso dello SPAD. In tale modo la presenza di un numero diverso da zero in una delle aree di memoria dello SPAD riservate all'ampiezza d'impulso, indica che il bit corrispondente è eccitato. Il programma ricostruisce poi il numero in decimale.

Sul contatore "S" sono previsti tre tipi di controlli di stabilità. Il primo consiste nell'effettuare lo spettro d'ampiezza di una debole sorgente di particelle α incollata direttamente sul fototubo; il secondo è dato dallo studio in funzione del tempo della posizione dello spettro di am-

piezza prodotto nel contatore da un fotodiode MVE 100 montato nel centro del contatore e comandato da un impulsore. La Fig. 9 mostra la linearità della catena di analisi di ampiezza. I punti rappresentano la posizione del picco del fotodiode al variare dell'impulso di comando. (In Fig. 10 è riportato uno spettro di ampiezza in cui si vede il picco α ed il picco del Fd. L'andamento nel tempo di questi spettri è riportato in Fig. 11.

Dallo spettro di ampiezza delle α (che danno impulsi piuttosto piccoli) è inoltre possibile controllare la stabilità della soglia del discriminatore che forma gli impulsi del contatore S. Tale discriminatore fornisce infatti l'impulso di gate alla catena lineare. Il terzo tipo di controllo consiste nello studio dello spettro d'ampiezza dei raggi cosmici che, selezionati da due plastici di piccole dimensioni posti al di sopra e al di sotto del contatore S, attraversano questo contatore lungo un diametro.

Dalla posizione del picco di questo spettro (che sappiamo corrispondere ad una perdita di energia di ~ 60 MeV) e dalla constatata linearità della catena di analisi, è possibile risalire anche alla conoscenza approssimativa dell'energia di taglio sul contatore S.

L'efficienza del nostro contatore di neutroni è stata misurata mediante la reazione $\gamma p \rightarrow n \pi^+$. La misura è stata eseguita con la collaborazione del gruppo "Elettroproduzione π^+ "⁽³⁾ che ci ha fornito il canale magnetico con cui si definisce in momento e in angolo il π^+ . E' così definita completamente la cinematica del processo e, in particolare, l'energia e l'angolo del neutrone. I π^+ vengono distinti da altre particelle con carica positiva (protoni e positroni) per mezzo di un contatore di Cerenkov in anticoincidenza e di un assorbitore di Fe sufficiente a fermare i protoni d'impulso uguale a quello dei π^+ . Le misure di contaminazione di positroni assicurano che la correzione da apportare è trascurabile. I risultati della misura di efficienza del contatore S in funzione dell'energia cinetica del neutrone sono riportati nella Fig. 12.

8. - SPAD: SISTEMA PROGRAMMABILE PER ACQUISIZIONE DATI. -

Come si è detto in precedenza le informazioni fornite dalle camere a scintilla, dai convertitori e dall'ADC devono essere digitalizzate per essere trasferite al calcolatore. Questa operazione viene effettuata dallo SPAD (Sistema programmabile acquisizione dati) che è un dispositivo atto ad effettuare la conversione tempo-numero del ritardo tra un segnale di riferimento ed i segnali corrispondenti alle informazioni fisiche. Come si vede dallo schema a blocchi del complesso (Fig. 13) gli impulsi da analizzare arrivano in parallelo su cavo agli ingressi dello SPAD. Ciascuno dei segnali in ingresso determina la memorizzazione del contenuto di una scala che conta gli impulsi di un oscillatore (BDT) attivato da un segnale di riferimento (impulso master dell'elettronica).

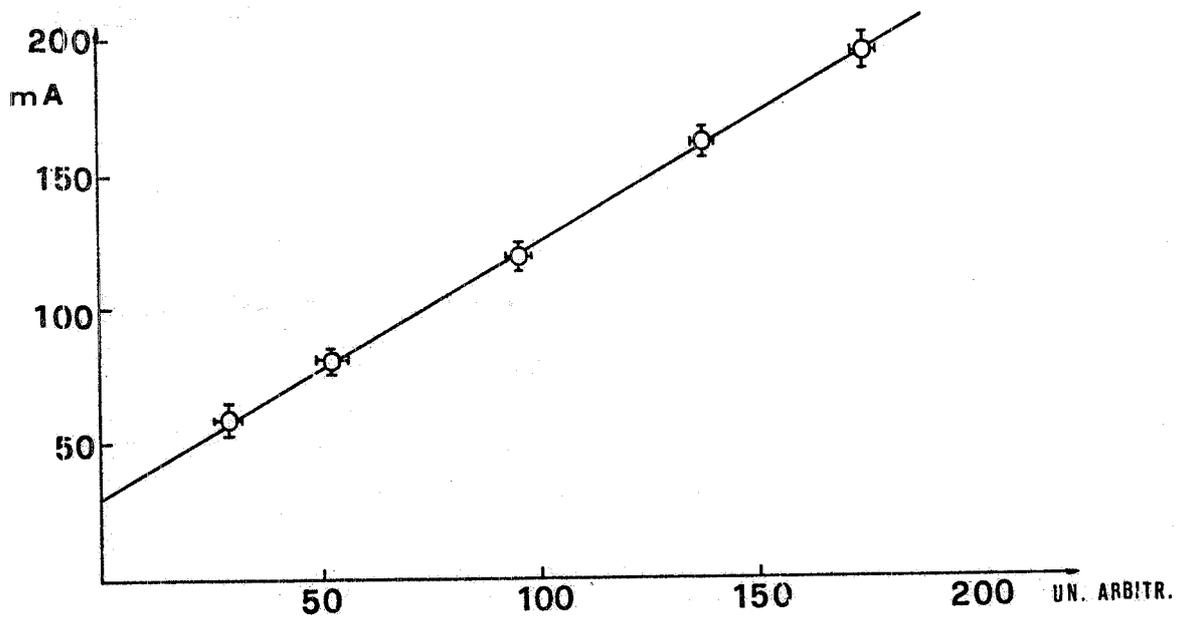


FIG. 9 - Linearità della catena di analisi di ampiezza. In ordinata è riportata l'ampiezza dell'impulso di comando del fotodiode.

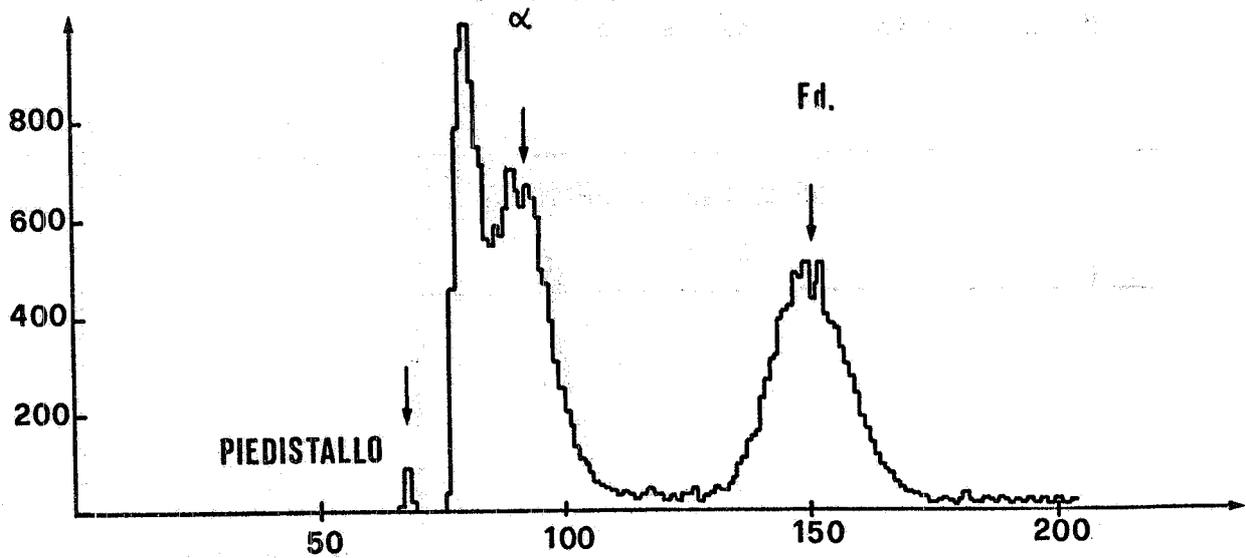


FIG. 10 - Spettro di ampiezza della sorgente di particelle α e del fotodiode

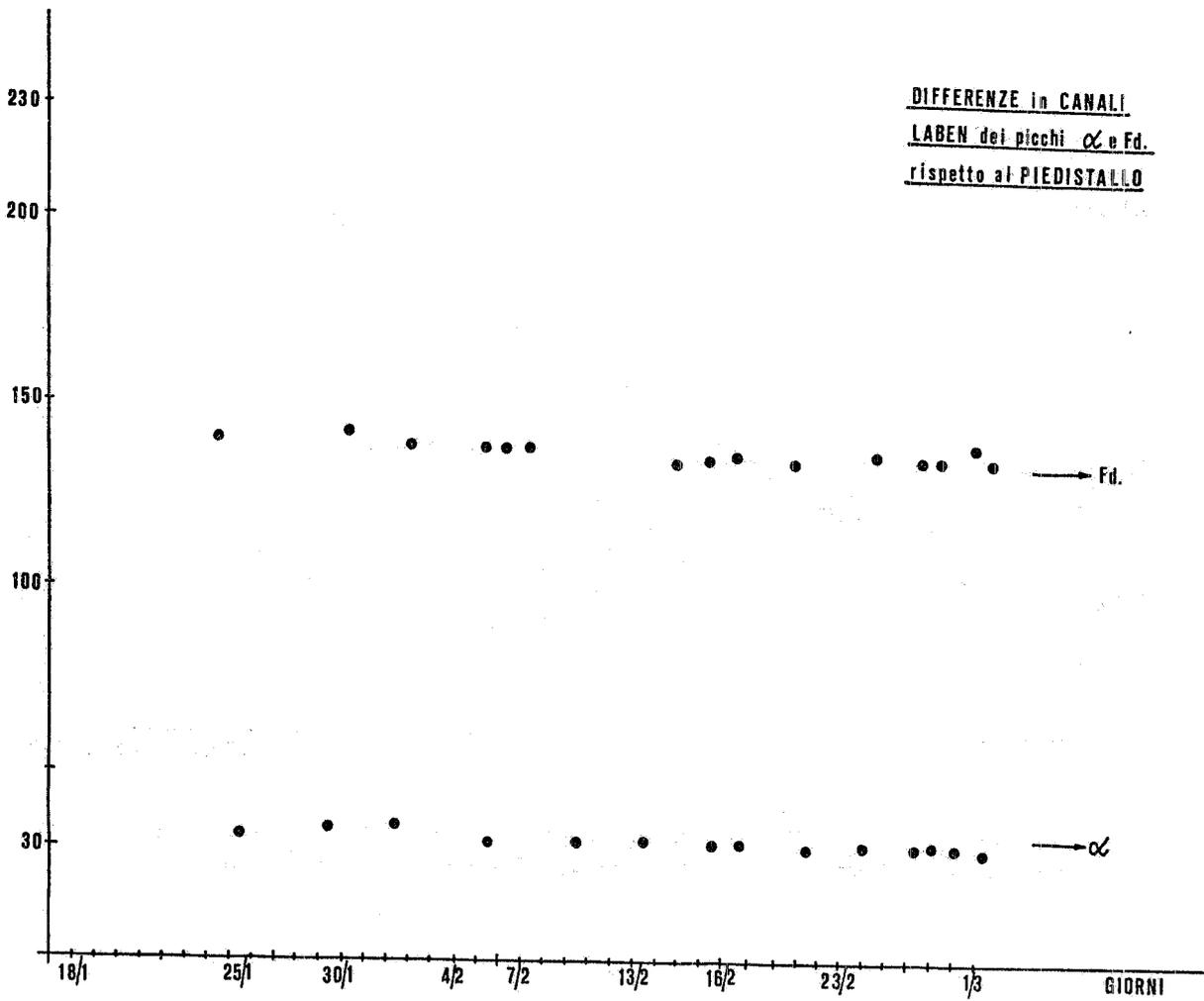


FIG. 11 - Variazione della posizione del picco degli spettri di α e del fotodiode nel tempo.

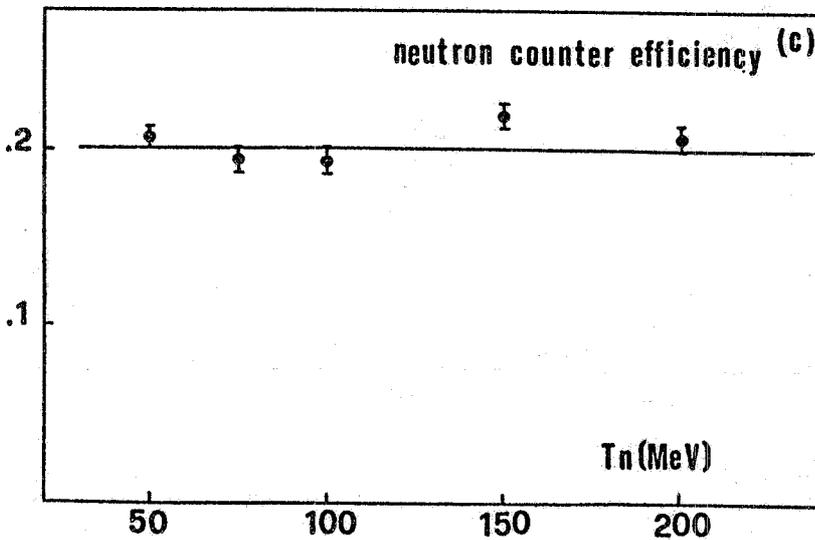


FIG. 12 - Efficienza del contatore S in funzione della energia cinetica del neutrone.

Il sistema è in grado di memorizzare fino ad un massimo di 512 parole di 16 bit. Tali parole sono suddivise in gruppi di dimensione variabile tra 2 ed 8. In ciascun gruppo vengono registrati i segnali provenienti in successione su un unico cavo. Il gruppo minimo è costituito da 2 parole in quanto, per evitare possibili jitter elettronici sull'istante di partenza dell'oscillatore, è necessario registrare sempre oltre alle informazioni fisiche uno zero dei tempi (es. : segnale di fiducial di una camera a scintilla).

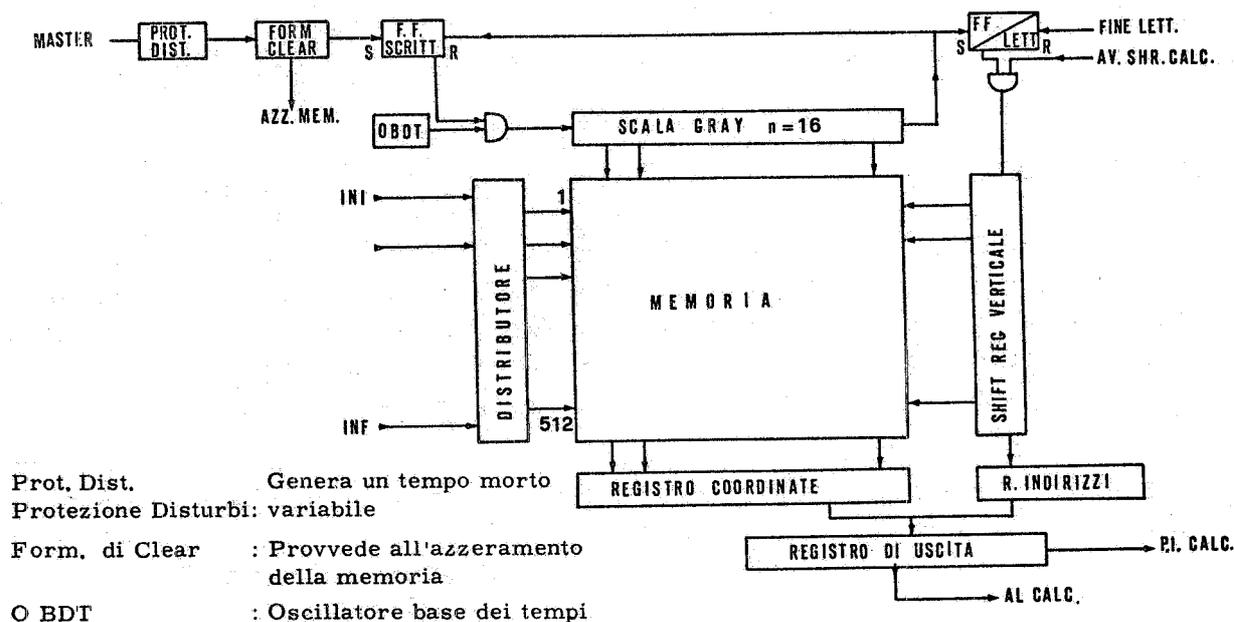


FIG. 13 - Schema a blocchi dello SPAD.

La sequenza delle operazioni avviene nel modo seguente (vedi Fig. 13). L'elettronica rapida fornisce l'impulso di start, il quale determina l'azzeramento di tutte le memorie. Quindi dopo un tempo prefissato (necessario per l'esaurimento del disturbo generato dalle camere a scintilla) la scala inizia a contare gli impulsi dell'oscillatore (fase di scrittura). L'arrivo di un segnale all'istante generico t sul j -esimo ingresso determina il trasferimento nella j -esima memoria del contenuto della scala a quell'istante.

La misura della curva di conversione tempo-canale fornisce per la risoluzione temporale del sistema il valore di ~ 140 ns.

Tale risoluzione è largamente sufficiente. Infatti, essendo la velocità di propagazione dei segnali m. s. pari a $5 \text{ mm}/\mu\text{s}$, risulta che questa risoluzione comporta un errore inferiore al mm.

La fase di scrittura ha termine quando la scala ha raggiunto un contenuto prefissabile dall'esterno. (Il massimo è $2^{16} - 1$). A questo punto (fine fase di scrittura) si inizia la fase di lettura. Il F.F. lettura fa partire lo SHIFT-REGISTER che determina il trasferimento del contenuto della

16.

prima memoria nel registro coordinate e lo SPAD si ferma aspettando dal computer l'ordine di trasferirgli il contenuto delle memorie successive.

A questo punto ha inizio il trasferimento (in serie) al calcolatore del contenuto delle memorie. Il calcolatore dopo aver letto il contenuto del registro coordinate invia un segnale di avanzamento allo shift-register che determina il trasferimento nel registro coordinate del contenuto della seconda memoria. Ogni passo dello shift-register viene contato e registrato nel registro indirizzi che può essere letto dal calcolatore in serie al registro coordinate.

La fine di questa fase è determinata a programma dal computer.

9. - PAROLA 16 BIT. -

Questo circuito (costituito essenzialmente da 16 bistabili organizzati in un registro) è la parte attraverso la quale l'elettronica rapida comunica al calcolatore che è stato selezionato un evento. Dal confronto del contenuto di questo registro con le istruzioni date al programma, il calcolatore decide se accettare o no l'evento stesso.

La parola 16 bit è dotata di 16 ingressi indipendenti in ciascuno dei quali è possibile inviare un'informazione da parte dell'elettronica rapida o dai fototubi stessi. Un circuito di GATE permette il funzionamento degli ingressi solo in corrispondenza di un segnale di MASTER.

Questo tipo di tecnica è necessario quando gli eventi fisici possono essere di vario tipo e vengono raccolti contemporaneamente. E' inoltre possibile esercitare on-line un controllo continuo sul corretto funzionamento dell'apparato stesso, inviando al circuito i segnali presenti nei punti intermedi della catena elettronica e richiedendo che siano consistenti col tipo di MASTER selezionato. Il circuito è connesso a uno dei Digital Input del calcolatore e l'informazione in esso contenuta viene trasferita in codice binario. Il calcolatore a sua volta lo interroga continuamente e provvede ad azzerarlo se il suo contenuto non corrisponde a quello richiesto dal programma. Questo sistema di colloquio fra apparato sperimentale e calcolatore, che prescinde dall'utilizzazione dei livelli di "Interrupt", è alquanto insolito ma risponde perfettamente alla nostra particolare situazione.

10. - FUNZIONE DEL CALCOLATORE. -

I compiti espletati dal calcolatore sono essenzialmente i seguenti:

- a) Lettura del contenuto dello SPAD non appena la parola a 16 bit segnala la presenza di un evento.
- b) Registrazione su nastro dei dati letti.
- c) Parziale elaborazione dei dati acquisiti.

Il calcolatore interroga continuamente la parola a 16 bit (v. § 9). All'arrivo di un evento il programma decodifica l'informazione e decide se il tipo di evento rientra tra quelli stabiliti all'inizio del run. In caso affermativo, l'evento con la propria identificazione, viene trasferito su nastro. Per ciascun evento vengono memorizzati i tempi di volo dei convertitori e l'ampiezza dell'impulso del contatore del nucleone. Le distribuzioni di queste grandezze possono venire stampate in qualsiasi momento a richiesta dell'utente. Inoltre, sempre a richiesta, si può controllare il corretto funzionamento delle camere. In tale caso vengono analizzate le scintille: il programma riconosce i fiducials delle varie camere e determina se la posizione degli impulsi magnetostrittivi è compatibile con le dimensioni delle camere stesse. Sulla stampante viene presentata la distribuzione delle scintille nelle camere.

Per una particella passante, le tracce presenti in una terna di camere devono essere compatibili. Infatti, come si è visto, i fili delle camere della terna sono orientati a 60° tra loro e forniscono una informazione ridondante.

Essendo le camere triangoli equilateri, la somma delle tre coordinate, per una stessa particella, deve essere costante. Le tracce che non soddisfano a questa condizione vengono marcate con un simbolo diverso da quelle che invece la soddisfano, permettendo così di distinguere rapidamente le tracce spurie dalle particelle passanti (Fig. 14).

Per tutta la durata della lettura e della elaborazione, il calcolatore mantiene "inattiva" l'elettronica rapida. Alla fine, un impulso sul "digital output" provvede a ripristinare le funzioni dell'apparato.

Nelle Figg. 15a) e 15b) sono presentati due tipici istogrammi elaborati on-line dal computer. I dati raccolti su nastro vengono successivamente elaborati da un calcolatore di prestazioni maggiori che provvede alla ricostruzione cinematica degli eventi e alla reiezione di fondi, tramite i tempi di volo (v. § 5). Questa elaborazione non può essere direttamente eseguita dal 1800 a causa della limitata disponibilità di memoria.

RINGRAZIAMENTI. -

Sono molte le persone che dobbiamo ringraziare per aver consentito la realizzazione di questo apparato:

- I componenti del Gruppo Elettronico per la progettazione e costruzione dello SPAD e dei convertitori tempo-tempo, in particolare G. Mazza e A. Villalba per la continua ed attiva assistenza.
- E. Iarocci per il fondamentale contributo alla realizzazione del prototipo della camera a scintilla.
- Il personale delle officine per la costruzione del sostegno meccanico e delle camere a scintilla.

NTRIG= 119, NEVET= 96, C 0 A 5
 \$\$\$
 \$\$\$

a)

NTRIG= 229, NEVET= 206, C 0 A 5
 * *
 *

b)

* * * *
 * * * *
 * * * *
 * * * *

FIG. 14 - Presentazione delle scintille nelle camere sulla stampante del calcolatore: a) particella passante; b) evento casuale.

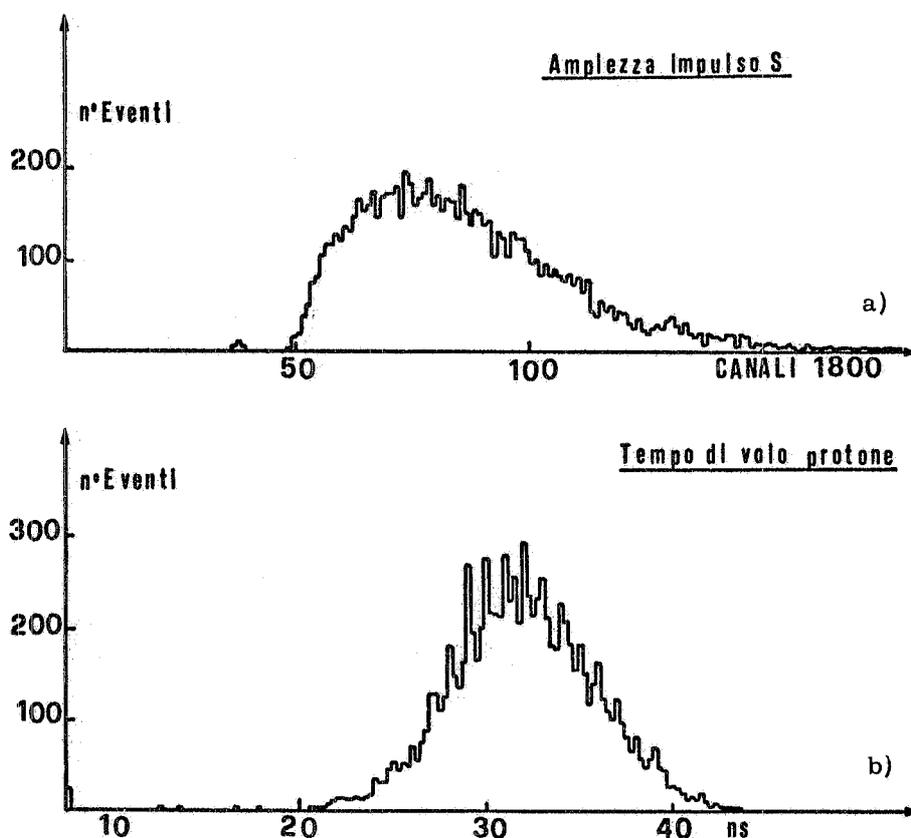


FIG. 15 - Istogrammi elaborati on-line del Computer: a) spettro di ampiezza di S; b) tempo di volo del protone.

- I membri del gruppo ee'p (Istituto Superiore di Sanità e LNF) per averci consentito il prolungato uso del calcolatore IBM 1800.
- Ringraziamo infine i colleghi E. Fiorentino, F. Palmonari, A. Reale e M. Severi che hanno svolto con noi il lavoro descritto nel paragrafo 7 sul rivelatore di nucleoni.

BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - E. Di Capua, V. Poggi, M. Severi, L. Tau, E. Fiorentino, F. Palmonari, A. Reale, L. Satta and G. Ubaldini, Lett. Nuovo Cimento 8, 692 (1973).
- (2) - G. Capon, M. A. Locci, G. P. Murtas e G. Penso, LNF-70/13 (1970).
- (3) - E. Amaldi, B. Borgia, P. Pistilli, M. Balla, G. Di Giorgio, A. Giazzotto, S. Serbassi and G. Stoppini, Nuovo Cimento 65A, 377 (1970).