

LNF-72/89

13 Ottobre 1972

M. Ambrosio, G. Barbiellini, C. Bemporad, M. Calvetti, M. Castellano, F. Cevenini, F. Costantini, G. Di Giugno, J. W. Humphrey, P. Lariccia, M. Salvatori, E. Sassi, L. Tortora, V. Troya, G. Troise e S. Vitale: UN'ESPERIENZA PER LO STUDIO DI PROCESSI CON PRODUZIONE DI BARIONI AD ADONE.

LNF-72/89

13 Ottobre 1972

M. Ambrosio^(x), G. Barbiellini, C. Bemporad⁽⁺⁾, M. Calvetti⁽⁺⁾,
M. Castellano^(x), F. Cevenini^(x), F. Costantini⁽⁺⁾, G. Di Giugno^(x),
J.W. Humphrey^(x), P. Lariccia⁽⁺⁾, M. Salvatori, E. Sassi^(x), L.
Tortora^(x), V. Troya^(x), G. Troise^(x), S. Vitale^(x): UN'ESPERIEN-
ZA PER LO STUDIO DI PROCESSI CON PRODUZIONE DI BARIONI
AD ADONE.

1. - INTRODUZIONE. -

Una delle più interessanti investigazioni possibili con anelli di accumulazione e^+e^- è la misura dei fattori di forma barionici nella regione di impulso trasferito temporale.

Nel programma di prima generazione di Adone si è messo in evidenza il processo $e^+e^- \rightarrow p + \bar{p}$ ottenendo, a 2.1 GeV di energia totale (-4.3 (GeV/c² di impulso trasferito) una sezione d'urto di 0.91 ± 0.22 nbarn sulla base di 25 ± 6 eventi e nell'ipotesi di una distribuzione angolare isotropa; 12 di questi eventi esibiscono una evidente stella di annichilazione dell'antiprotone⁽¹⁾.

La sezione d'urto per il processo $e^-e^+ \rightarrow p\bar{p}$ nell'approssimazione di scambio di un solo fotone è

(x) - INFN - Sezione di Napoli.

Istituto di Fisica Sperimentale dell'Università di Napoli.

(+) - INFN - Sezione di Pisa.

2.

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\pi\alpha^2}{4} \frac{\beta_p}{S} \left\{ \left| G_M \right|^2 (1 + \cos^2\theta) + \frac{4M^2}{S} \left| G_E \right|^2 \sin^2\theta \right\}$$

Assumendo che $|G_E| = |G_M|$, come deve essere alla soglia fisica ($2E = 1880$ MeV) risulta $|G_M| = 0.27 \pm 0.04$. Il valore calcolato con il fit dipolare estrapolato per impulsi trasferiti temporali è $|G_M| = 0.10$.

Si pongono ora i seguenti problemi a proposito di questa reazione:

- 1) Validità dell'approssimazione di scambio di un solo fotone.
- 2) Separazione dei contributi di $|G_E|$ e $|G_M|$.
- 3) Dipendenza energetica di $|G_E|$ e $|G_M|$.

I dati necessari a risolvere soddisfacentemente questi problemi richiedono un prolungato programma di lavoro.

2. - PROGRAMMA SPERIMENTALE. -

L'esperienza proposta intende raccogliere dati sulla reazione $e\bar{e} \rightarrow p\bar{p}$ con elevata efficienza geometrica e in un intervallo angolare esteso da 30° a 150° rispetto alla direzione dei fasci.

Per una luminosità di Adone di 10^{33} $\text{cm}^{-2}/\text{ora}$, a 1050 MeV/fascio ci si aspettano $n = L \cdot \sigma \cdot \Delta\Omega/4\pi = 10^{33} \times 5 \cdot 10^{-34} \times 0.75 = 0.37$ eV/h.

Raccogliendo dati a tre diverse energie tra 1050 e 1200 MeV ci si aspettano in un anno di lavoro (20 settimane a piena efficienza) 350 eventi elastici sufficienti a raggiungere un errore statistico del 10% per energia. Le informazioni sulla dipendenza angolare di $d\sigma/d\Omega$ permettono una separazione fra ipotesi estreme di dominanza di $|G_E|$ o $|G_M|$.

L'apparato potrà registrare in parte contemporaneamente eventi barionici di altro tipo e cioè: a) produzione di coppie di barioni stabili come $\Lambda\bar{\Lambda}$, $\Sigma\bar{\Sigma}$ etc.; b) produzione anelastica di coppie $p\bar{p}$; nella regione cinematica accessibile con Adone questi ultimi processi possono essere probabilmente descritti in termini di produzione di risonanze barioniche e cioè $e^+ + e^- \rightarrow p + \bar{\Delta}$; $\bar{p} + \Delta$; $\Delta + \bar{\Delta}$;

A titolo indicativo riportiamo alcune delle relazioni previste da SU3 per le sezioni d'urto di produzione di coppie $p\bar{p}$ e le sezioni d'urto di altri processi barionici.

La sezione d'urto

$$\sigma_{e^+e^- \rightarrow p\bar{p}} = \frac{4}{3} \alpha^2 \frac{\beta_p}{S} \left\{ |G_M|^2 + \frac{2M^2}{S} |G_E|^2 \right\} = \sigma_E + \sigma_M$$

è la somma di due contributi σ_E e σ_M proporzionali rispettivamente a $|G_E|^2$ e $|G_M|^2$. Le sezioni d'urto per i diversi canali barionici possono essere analogamente decomposte in due contributi⁽²⁾.

Nella Tabella I sono riportati i rapporti di questi contributi rispetto ai corrispondenti del canale $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$.

TABELLA I

processo	$\sigma_{E p\bar{p}} / \sigma_{E B\bar{B}}$	$\sigma_{M p\bar{p}} / \sigma_{M B\bar{B}}$	efficienza di decad.
$p\bar{p}$	I	I	100%
$\Sigma^+ \bar{\Sigma}^+$	I	I	25%
$\Sigma^- \bar{\Sigma}^-$	I	I	0
$\Lambda \bar{\Lambda}$	0	I/9	44%
$\Xi^- \bar{\Xi}^-$	I	I/9	44%
$p \bar{\Delta}^+$	I	I	66%
$\Delta^{++} \bar{\Delta}^{++}$	4	3	100%
$\Delta^+ \bar{\Delta}^+$	I	I	44%

Riteniamo in generale identificabili come eventi barionici gli eventi per i quali siano presenti nello stato finale un protone ed un antiprotone. Le percentuali dei decadimenti soddisfacenti a questo requisito sono indicate nella III colonna della tabella.

L'identificazione di un particolare canale presenta vari gradi di difficoltà a seconda del numero di particelle cariche e neutre nello stato finale.

3. - DESCRIZIONE GENERALE DELL'APPARATO. -

L'apparato sperimentale è stato disegnato tenendo presente i seguenti obiettivi:

- 1) ottenimento della massima efficienza geometrica compatibile con le limitazioni poste dalla geometria della macchina, dall'ingombro dei supporti meccanici sostenenti il complesso dei rivelatori, dalla necessità di avere un accesso ed uno smontaggio ragionevolmente

4.

semplice dei vari componenti dell'esperimento;

2) misura contemporanea dei fondi (fascio - gas, cosmici etc.) mediante un dispositivo con efficienza geometrica grande anche per regioni adiacenti alla zona di interazione fascio-fascio;

3) grande selettività e sovradeterminazione per eventi di produzione barionica e contemporaneo controllo della stabilità a lungo termine del dispositivo mediante misura di coppie di elettroni negli stessi rivelatori e nella stessa geometria della esperienza primaria;

4) digitalizzazione e registrazione elettronica di tutte le informazioni fornite dal sistema.

L'apparato è costituito (vedi Fig. 1, 1a, 1b, 1c, 1d) da 4 odoscopi di 16 elementi ciascuno, da camere a scintilla a fili con lettura magnetostriativa (2 per 4 gaps (x, y) (u, v)) e da un rivelatore di sciami e stelle di annichilazione (sandwich di radiatori ed odoscopi a tubi cini). Il sistema è a simmetria cilindrica e coassiale con la ciambella di Adone (28 cm di diametro); esso copre un angolo azimutale di 334° lasciando liberi $\pm 8^\circ$ rispetto al piano macchina ove i fondi sono più elevati.

L'odoscopio I è quello più prossimo alla ciambella (spessore 2 cm, un fototubo XP 1010 a ciascuna estremità). La sua funzione è quella di definire a livello di trigger la posizione angolare di una traccia entro $\pm 10^\circ$ e la sua provenienza da una regione di ± 3 cm intorno ai fasci.

L'odoscopio I funziona in regione lineare e fornisce una determinazione di ionizzazione.

Gli odoscopi II e III accoppiati (spessore 2.5 cm di scintillatore plastico e 35 cm di scintillatore liquido) funzionano in regime lineare e misurano il dE/dx ed E delle particelle che si arrestano nel III; nel caso di eventi BB essi provvedono alla identificazione in massa del p ed alla misura della sua energia cinetica; è inoltre segnalata con buona efficienza la grande liberazione di energia associata alla annichilazione dell'antiprotone.

Nel caso di eventi $\bar{B}B$ l'odoscopio IV in anti impone che almeno uno dei prodotti della reazione si sia arrestato nell'odoscopio III senza dar luogo a produzione di secondari.

Nel caso di eventi e^+e^- , l'odoscopio IV ha la funzione di rigettare il fondo di raggi cosmici traversante l'apparato, mediante la misura di tempo di volo su una base di 2 m e fra contatori opposti.

Fra gli odoscopi I e II sono poste le due camere a scintilla ad una distanza di 10-15 cm; esse forniscono l'informazione sul vertice

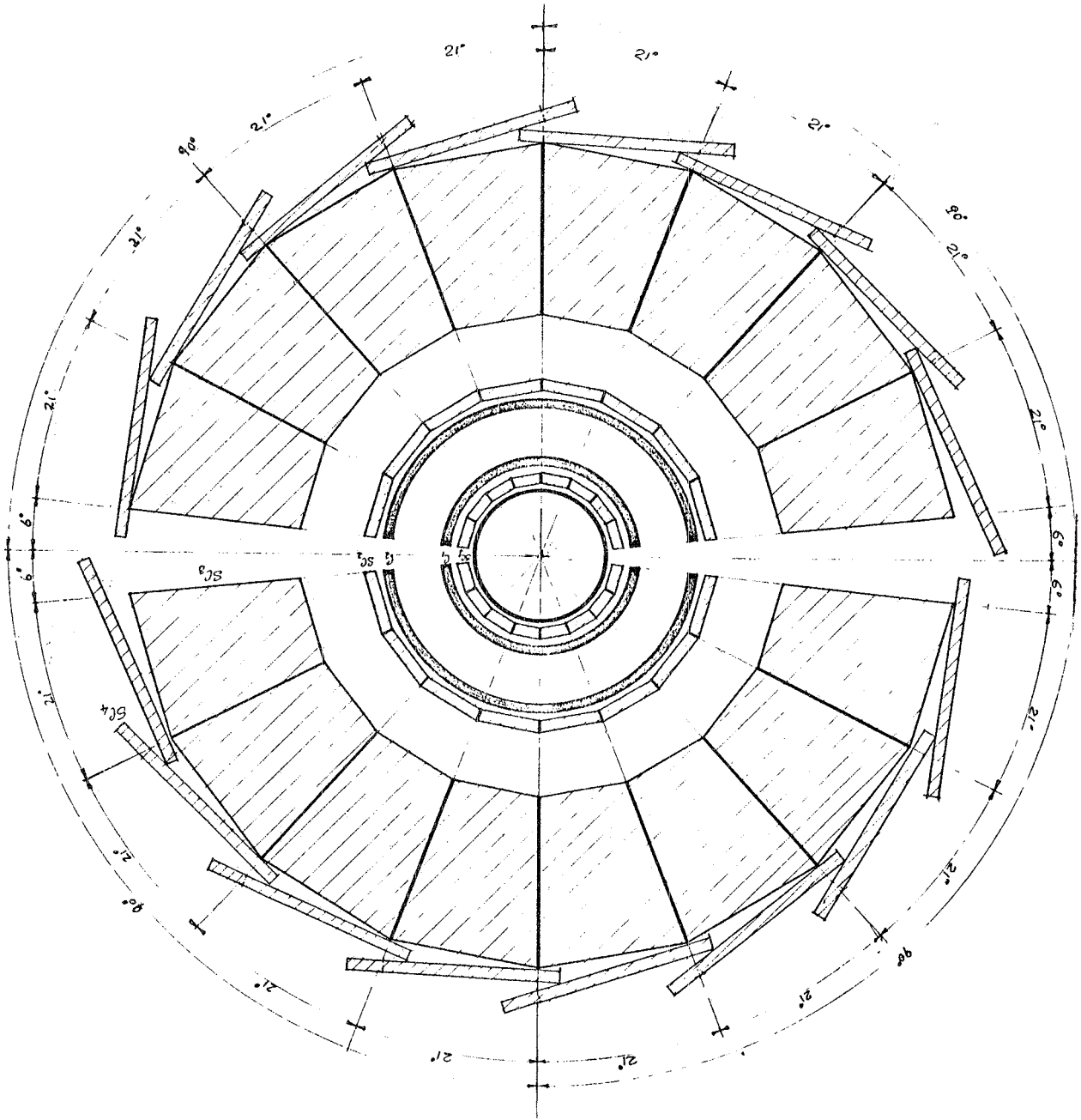


FIG. 1

6.

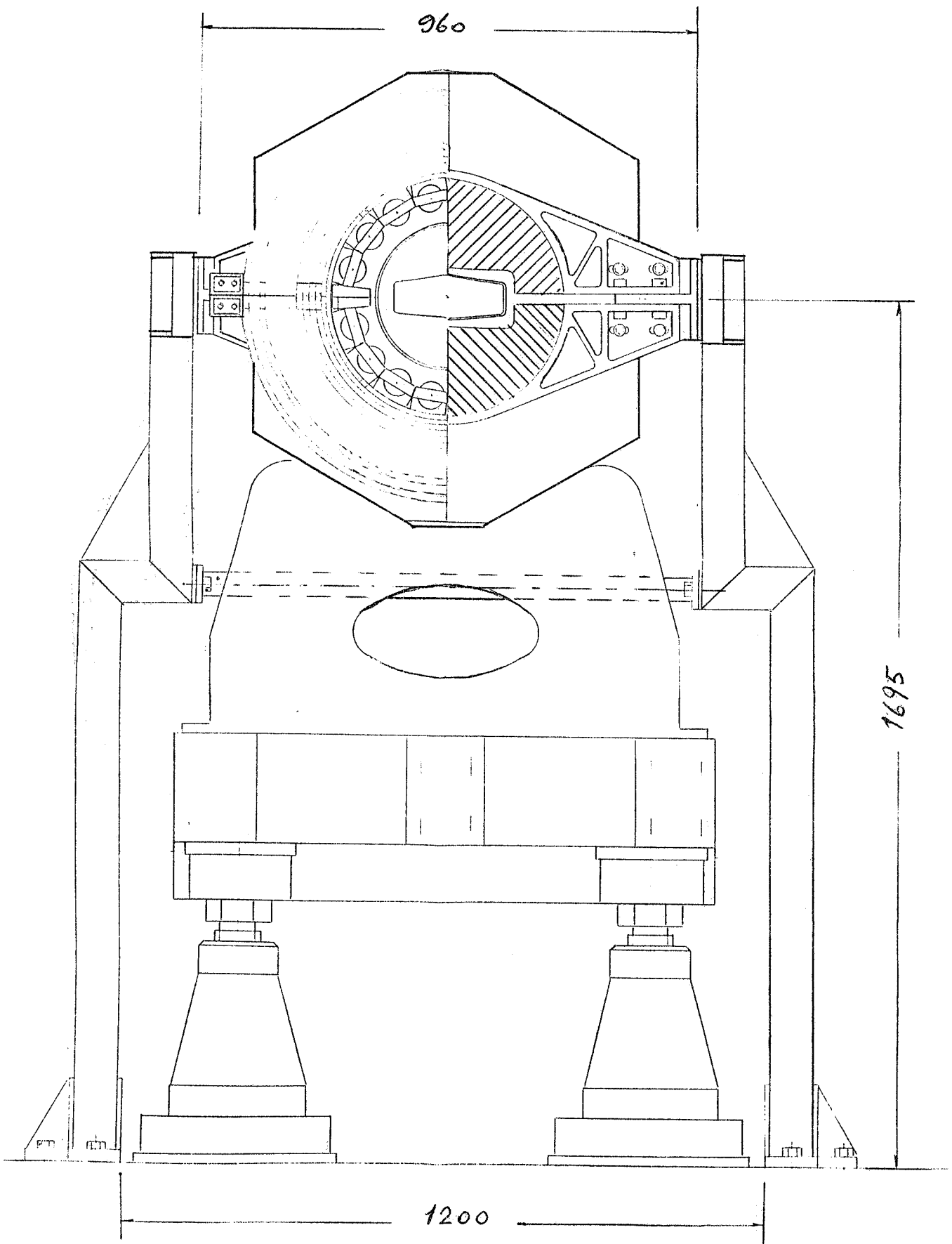


FIG. 1a)

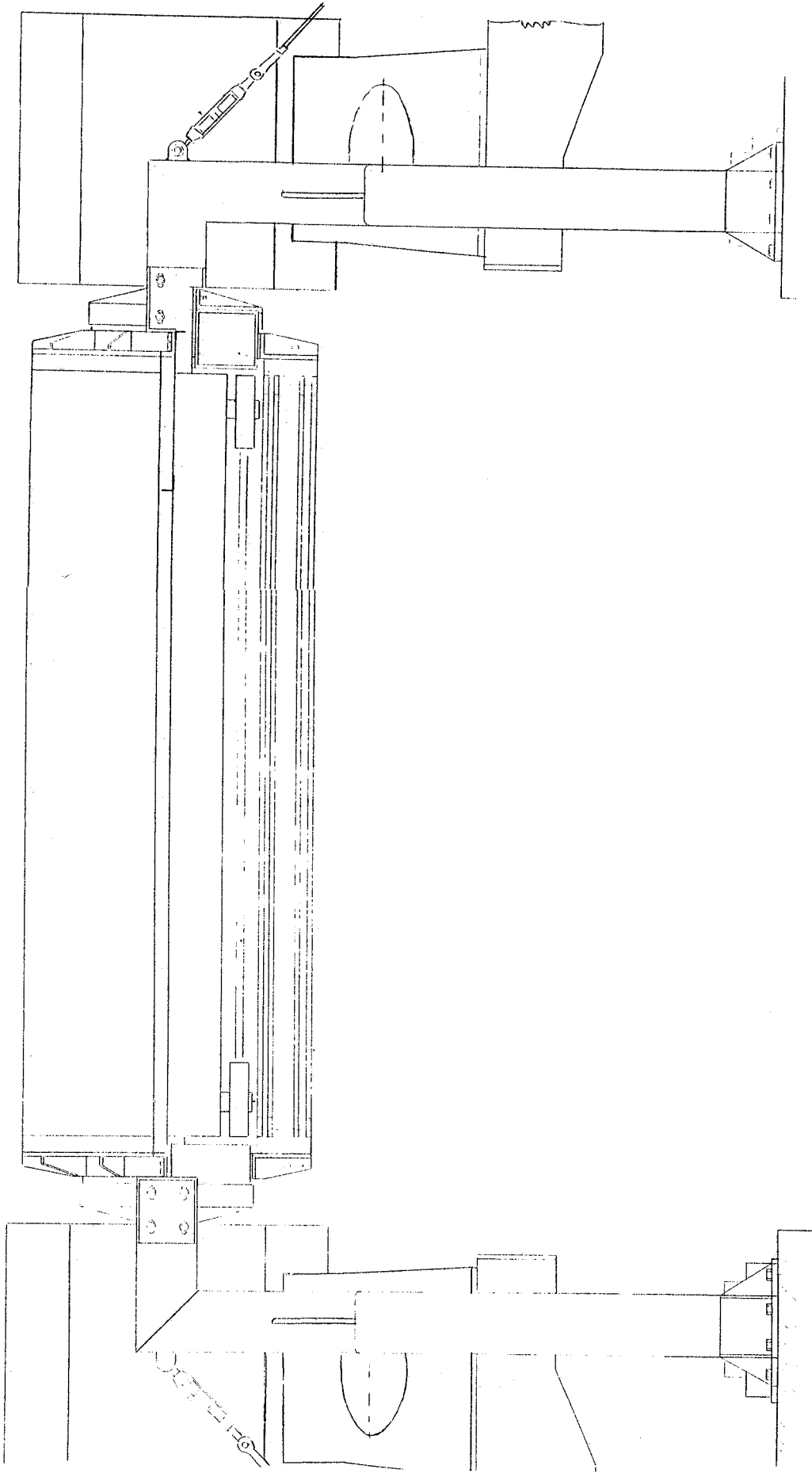


FIG. 1 b)

8.

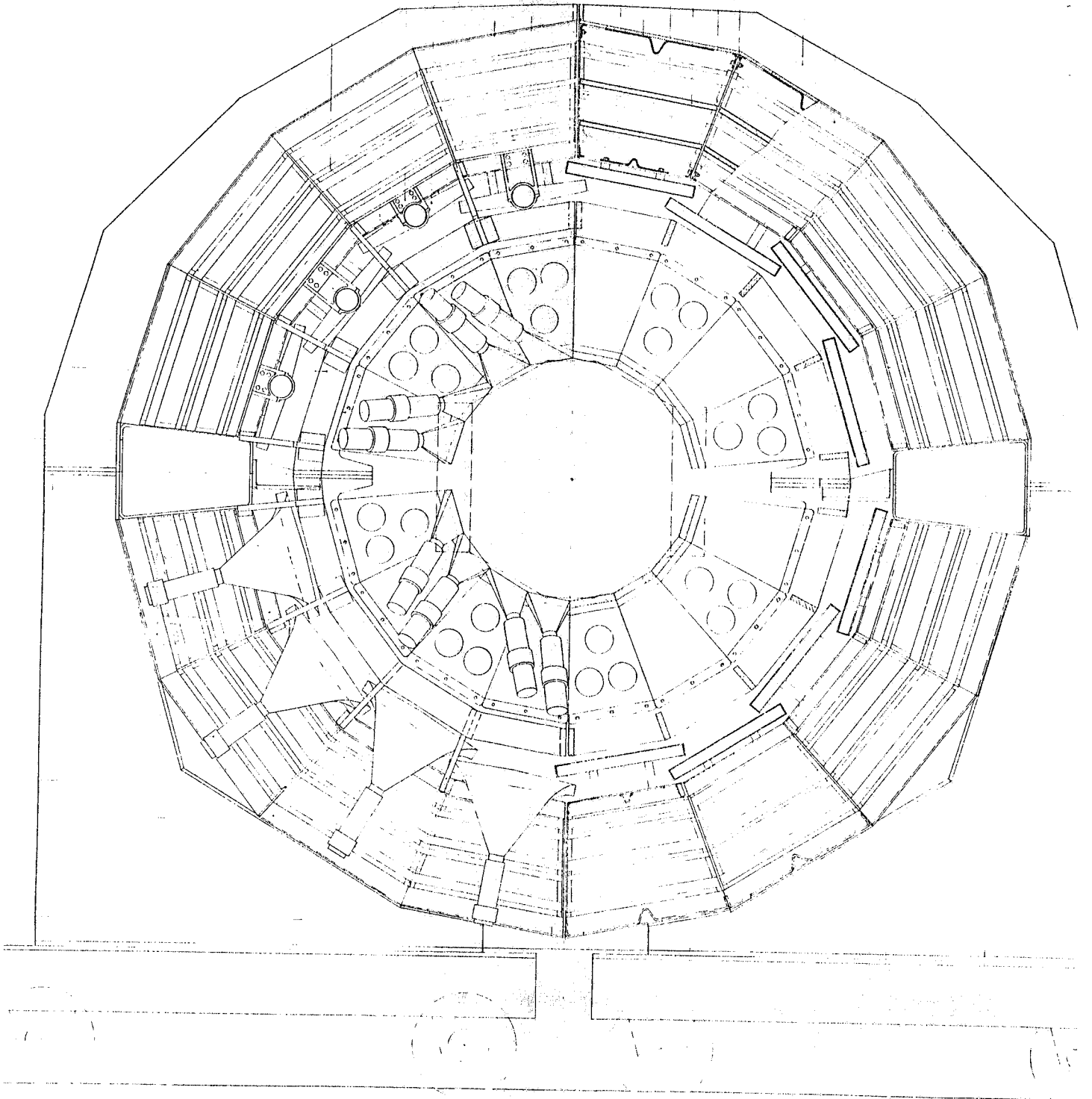


FIG. 1c)

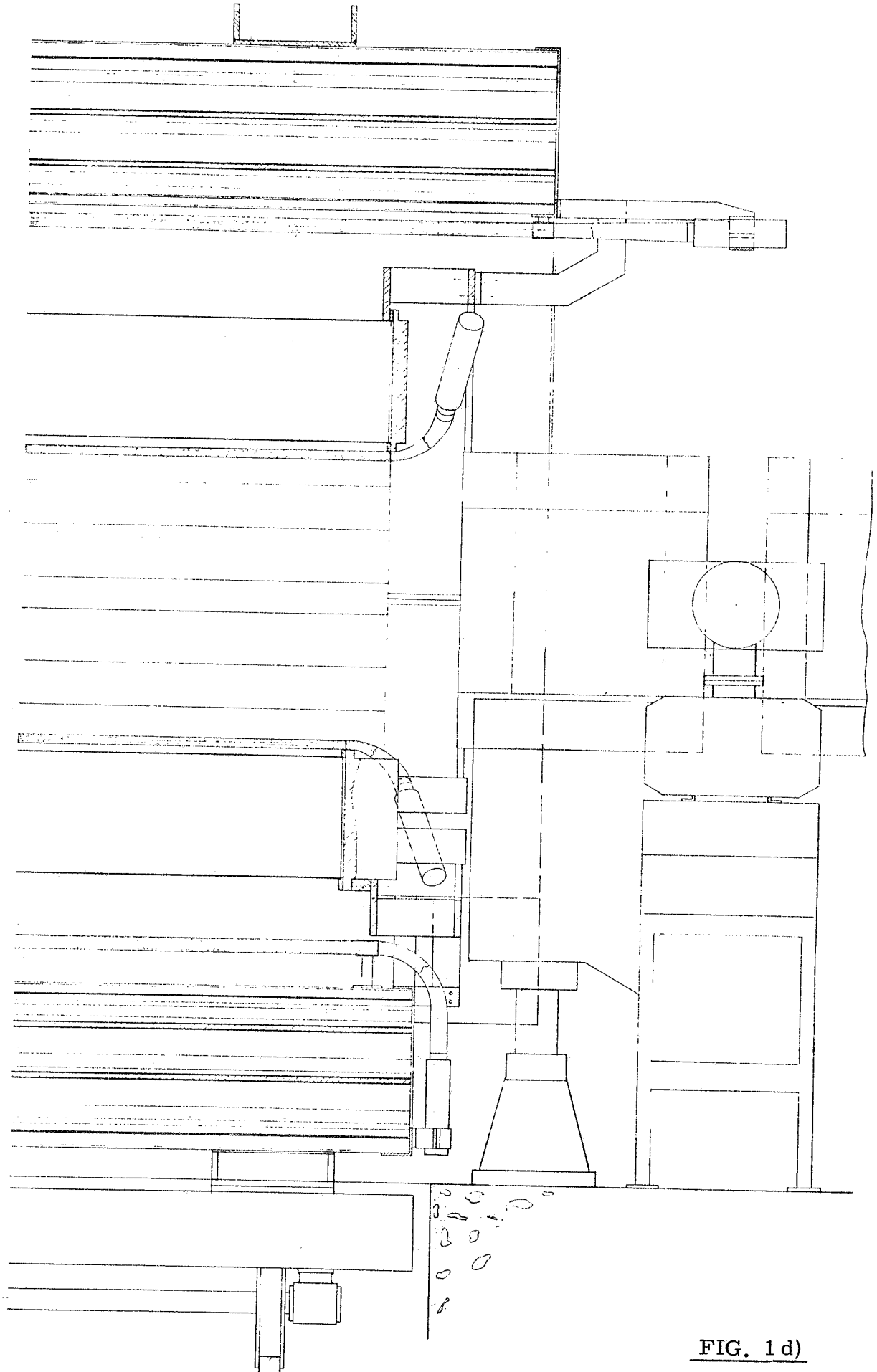


FIG. 1 d)

della interazione e sulla direzione delle tracce associate.

La parte più esterna dell'apparato è costituita dal rivelatore di sciami e di stelle di annichilazione.

La struttura meccanica è tale da permettere la divisione del sistema (Parte A = odoscopio II, odoscopio III odoscopio IV camera a sciami) lungo il piano verticale contenente i fasci; le due sezioni così ottenute sono montate su due carrelli indipendenti.

La parte interna (Parte B = odoscopio I e camere a scintilla) è sostenuta da supporti autonomi; essa è quindi accessibile dopo l'allontanamento della parte A ed è, se necessario, smontabile in due sezioni superiore ed inferiore rispetto al piano macchina.

Nel disegno proposto l'apparato permette lo studio della distribuzione angolare del processo $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$ con piena efficienza geometrica per sorgente estesa nell'intervallo angolare compreso fra 30° e 150° rispetto ai fasci e fino ad una energia totale di 2200 MeV; l'intervallo angolare per l'accettazione con efficienza geometrica piena diminuisce leggermente ad energie superiori ed è compreso fra 40° e 140° a 2400 MeV di energia totale.

4. - VELOCITA' DI CONTEGGIO E FONDI. -

Due componenti concorrono a determinare la velocità di conteggio di questo esperimento: raggi cosmici ed eventi di macchina; essi influenzano in modo diverso il trigger del monitor e quello relativo agli eventi barionici.

4.1. - Trigger del monitor. -

I raggi cosmici sono rilevanti a livello di velocità di conteggio per il trigger di monitor (coppie e^+e^-). Ci si aspettano nell'apparato circa 4 particelle al secondo che attraversano la zona di sorgente dagli odoscopi. L'introduzione di un gate macchina di trenta ns intorno al tempo di collisione riduce la velocità di conteggio a circa un trigger al secondo. Ad una luminosità di $10^{33} \text{ cm}^{-2}/\text{ora}$ si riveleranno 700 coppie e^+e^-/ora equivalenti a circa 0.2 trigger/sec. Il fondo di raggi cosmici che si sovrappone ai segnali della reazione di monitor può essere ridotto di un fattore circa 100 con le misure di tempo dell'evento rispetto alla fase della radiofrequenza di Adone e con misure di tempo di volo fra i contatori del quarto odoscopio. In sede di analisi, imponendo le ulteriori restrizioni geometriche sulla distanza delle traiettorie dai fasci e^+e^- e controllando la formazione di sciami nel rivelatore a tubicini esterno si può ridurre a proporzioni trascurabili questo fondo. Data la distanza relativamente grande dei contatori

del quarto odoscopio dalla ciambella, sulla base della precedente esperienza si può ritenere che la velocità di conteggio dovuto a fondo di macchina, sia minore di un trigger al secondo. Gli eventi associati a tali triggers sono facilmente eliminabili in sede di analisi.

4.2. - Trigger barionico. -

A livello di velocità di conteggio i raggi cosmici non costituiscono un problema preoccupante. Sostanzialmente contribuiscono le sole particelle che si arrestano o simulano un arresto all'interno dell'apparato. Il conteggio previsto è di qualche trigger/minuto. A livello di analisi gli eventi associati a protoni generati dalla radiazione cosmica devono essere eliminati con opportune cautele. La restrizione della zona sorgente ottenuta sfruttando l'informazione delle camere a scintilla ed il "timing" accurato dell'evento riducono il fondo di raggi cosmici a circa un evento al giorno. Questa stima è dedotta dai dati del precedente esperimento. Una stima quantitativa dell'influenza dei fondi di macchina sulla frequenza del trigger barionico è piuttosto incerta, infatti dati raccolti indicano una critica dipendenza delle velocità di conteggio dalla distanza dei contatori dai fasci circolanti (i fondi sono dovuti sostanzialmente a sciame radenti). In condizioni tipiche di funzionamento della macchina si prevede per i contatori più affollati una frequenza media di 10 Kc/sec e per trigger relativamente lasco, senza richiedere segnali di contatori più esterni, una frequenza di circa 2 cicli/sec.

E' prevista a brevissima scadenza una serie di prove di velocità di conteggio ad Adone.

Un monitor ad alta velocità di conteggio nella regione di basso momento trasferito (doppia bremsstrahlung) può essere installato nella sezione sperimentale. Contatori di tagging per elettroni uscenti nei magneti adiacenti alla sezione diritta possono costituire un valido elemento di discriminazione del fondo dovuto a interazione fascio gas, sia per il monitor sia per l'apparato a grande angolo.

5. - TECNICHE DI MISURA. -

5.1. - Identificazione del protone e misura della sua energia. -

La identificazione in massa del protone e la misura della sua energia cinetica è eseguita mediante il metodo del $dE/dx \cdot E^{(3)}$; la prima quantità è misurata negli elementi dell'odoscopio II (scintillatore Pilot Y spessore 2.5 cm., 1 fototubo 56 AVP per parte), la seconda nell'odoscopio III. L'odoscopio III ha un volume sensibile to-

tale di 2200 litri; in esso si possono arrestare protoni di energia residua 250 MeV, per ragioni di economia è pertanto necessario usare uno scintillatore liquido (Pilot mineral oil scintillator). La più grande lunghezza di assorbimento di tale scintillatore (500 cm) rispetto a quella del Pilot Y (170 cm) compensa parzialmente la minore efficienza luminosa dello scintillatore liquido (40% per l'olio minerale, 68% per il Pilot Y ambedue riferiti all'antracene) ove si consideri la lunghezza del contatore ($\sim 2m$). si intende raccogliere la luce da un solo lato di ogni elemento, attraverso una guida di luce in plexiglass di 15 cm di spessore frapposta fra lo scintillatore ed i fototubi; i fototubi di 10 cm di diametro (per es. EMI 9732) coprono circa $1/3$ della superficie disponibile; la superficie opposta a quella di raccolta di luce sarà riflettente.

Per ogni elemento dell'odoscopio, lo scintillatore liquido, circa 200 litri, sarà contenuto in un recipiente trapezoidale di acciaio; la parete di separazione fra l'odoscopio II e III sarà di spessore inferiore al millimetro.

Il contenitore sarà rivestito internamente da fogli di teflon montati su fogli di alluminio in modo da creare condizioni di riflessione totale per parte della luce emessa dallo scintillatore.

Estrapolando risultati ottenuti con rivelatore di dimensioni e caratteristiche simili a quelle proposte, riteniamo di poter raggiungere risoluzioni f.w.h.m. migliori del 4% per protoni di energia cinetica residua 150 MeV. Si prevede che la disuniformità del contatore sarà contenuta entro $\pm 15\%$; tale effetto sarà correggibile in sede di analisi, utilizzando l'informazione delle camere a scintilla e la mappa del contatore ottenuta in una calibrazione preliminare.

Per un protone di 150 MeV di energia residua, la risoluzione in massa sarà dell'ordine di 25% fwhm; essa è limitata dalla risoluzione ottenibile nella misura di dE/dx fornita dall'odoscopio II.

La probabilità di interazione nucleare per protoni con range residuo compreso nello spessore dell'odoscopio III varia fra l'8% e il 30%⁽⁴⁾. Per quanto riguarda l'antiprotone, l'odoscopio III ha dimensioni tali da raccogliere una buona frazione dell'energia residua del \bar{p} e della energia dei secondari provenienti dal processo di annichilazione.

Uno dei problemi nell'uso del metodo $dE/dx \cdot E$ è quello di garantire la stabilità di risposta del sistema di contatori. Dovrà essere deciso in base a prove se convenga utilizzare direttamente l'informazione fornita dai fototubi o se convenga far lavorare i fototubi stessi a tensione ridotta, compensando la perdita di amplificazione mediante l'uso di preamplificatori.

Ci si propone di registrare frequentemente spettri di altezza di impulso da raggi cosmici negli odoscopi I, II, III, in coincidenza con opportune combinazioni degli elementi degli odoscopi non in esame; tale sistematica sarà interamente programmata e controllata on line attraverso il calcolatore. Un ulteriore controllo interno all'esperienza sarà fornita dalla altezza di impulso nei vari contatori degli eventi elastici e^+e^- .

5.2. - Camere a scintilla a lettura magnetostrittiva. -

La direzione delle particelle prodotte nella reazione $e^+e^- \rightarrow \bar{B}B$ è misurata tramite la localizzazione delle scintille prodotte in 4 gaps semicilindriche poste attorno alla ciambella di Adone. Le 4 gaps sono divise in 2 gruppi di due gaps, uno di questi gruppi forma un modulo; i due moduli sono separati di circa 10 cm. Nell'interno di un modulo la distanza delle due gaps sarà di due, tre centimetri. Ogni gap è costituita da due piani di fili, ciascuno con diversa orientazione rispetto alla linea del fascio. In ognuno dei piani la coordinata della scintilla è letta mediante un filo magnetostrittivo. La precisione di lettura è circa di un mm; un modulo fornisce dunque un punto e la sua tangente, l'incertezza sulla tangente è di circa 5° . Ciascun modulo contiene 4 coordinate x, y, u, v in maniera da risolvere le ambiguità dovute alla presenza di più di una particella. La precisione sulla direzione di una particella risulta pari a 10 mrad, migliore della indeterminazione dovuta allo scattering multiplo di un protone di ≈ 100 MeV dopo lo spessore di 3 mm di ferro della ciambella. La localizzazione del punto della sorgente risulta $\delta y = d \cdot \delta\theta = \pm 2$ mm.

I due piani di fili di una gap sono ricavati da lastre per circuiti stampati dove 30 micron di rame sono depositati su un piano di fibra di vetro dello spessore di 0.5 mm. Lo spessore totale di due moduli corrisponde a circa 1 gr/cm². La soluzione dell'ambiguità per eventi a più di una traccia è in genere risolvibile nell'ambito di un modulo. Se si può estrapolare da un modulo all'altro senza ambiguità (separazione angolare delle particelle superiore all'incertezza angolare in un modulo) ed ogni traccia può essere individuata da 3 scintille l'efficienza di rivelazione risulta

$$\varepsilon_t = \left[1 - \left\{ \binom{2}{4} (1-\varepsilon)^2 + \binom{3}{4} (1-\varepsilon)^3 + (1-\varepsilon)^4 \right\} \right]^2 = 0.998$$

invece di

$$\varepsilon_t = (\varepsilon^4)^2 = 0.84$$

nel caso di richiedere 4 gaps su 4; ε è l'efficienza di una singola gap ($\varepsilon \approx 98\%$).

Per coprire l'angolo solido sotteso dagli scintillatori le camere del modulo 1 devono avere una zona sensibile della lunghezza di 140 cm e quelle del modulo 2 di 170 cm. I due semicilindri delle camere si saldano attraverso le cornici longitudinali sul piano mediano della macchina dove per evitare la maggior parte del fondo di macchina è già prevista una zona morta di $+ 8^\circ$.

I due piani x, y, del primo modulo sono mostrati nelle figure 2 e 3. Analoghe considerazioni valgono per il modulo 2. Per ciascun filo di lettura sono previste quattro scale per un totale di 4×16 scale. Gli amplificatori usati per il segnale magnetostrittivo sono già collaudati e la costruzione di un prototipo è in corso nel laboratorio di elettronica di Frascati (fig. 3a). Il sistema per impulsare le alte tensioni alle camere userà un circuito con un tyratron. Lo schema di questo circuito è attualmente allo studio nel laboratorio di elettronica. Il sistema di acquisizione di dati è un complesso di scale (modello TD 2031) costruite secondo le norme C. A. M. A. C. Il sistema di scale è allacciato al calcolatore Nova. In caso di scariche su più fili adiacenti questo sistema determina automaticamente la posizione del baricentro della corrente, caratteristica essenziale per la misura di particelle molto inclinate.

5.3. - Rivelatore di sciame e stelle di annichilazione. -

La parte più esterna dell'apparato è costituita da un sistema di tre "odoscopi a tubicini"⁽⁵⁾ fra lastre di materiale ad alto Z (ferro e piombo).

Il sistema assolverà ai seguenti compiti:

- 1) provvedere un ulteriore criterio di identificazione dell'antibarione attraverso la rivelazione dei secondari carichi e neutri della stella di annichilazione;
- 2) rivelare le tracce penetranti o sciamanti provenienti da eventi accettati dal trigger, particolarmente nel caso di eventi anelastici;
- 3) provvedere ad una migliore separazione fra eventi di diffusione elastica e^+e^- e raggi cosmici traversanti la zona di interazione dei fasci.

Il sistema ha raggio medio 125 cm e rappresenta la versione più economica fra i rivelatori non visuali che possano eseguire le funzioni richieste. I tre odoscopi sono posti fra spessori di materiale corrispondenti a 1, 3 e $6 X_0$ e sono costituiti da un totale di circa 5000 tubi di 225 cm di lunghezza, 1 cm di diametro e 0.5 mm di spessore del vetro.

Sono già in corso prove per studiare il comportamento dei tu-

MODULO 1 X

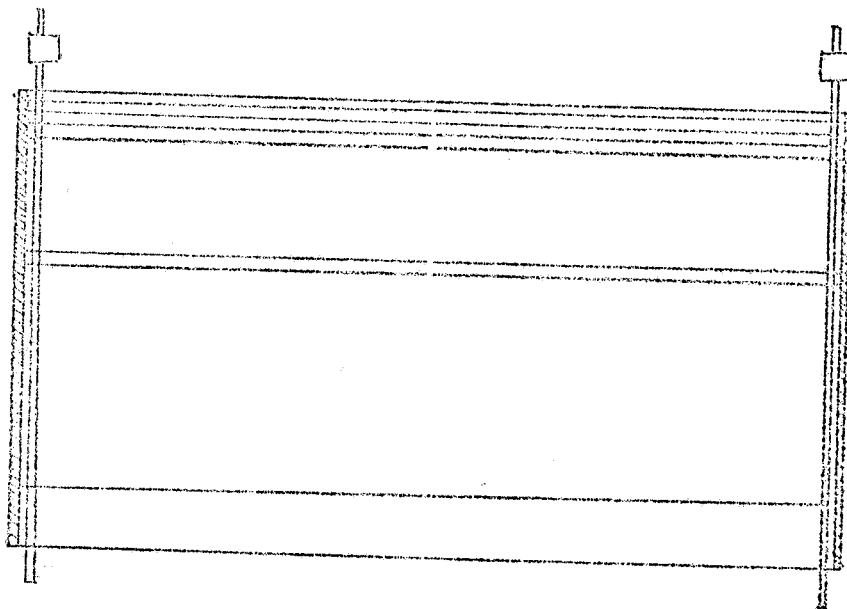


FIG. 2

MODULO 1 Y

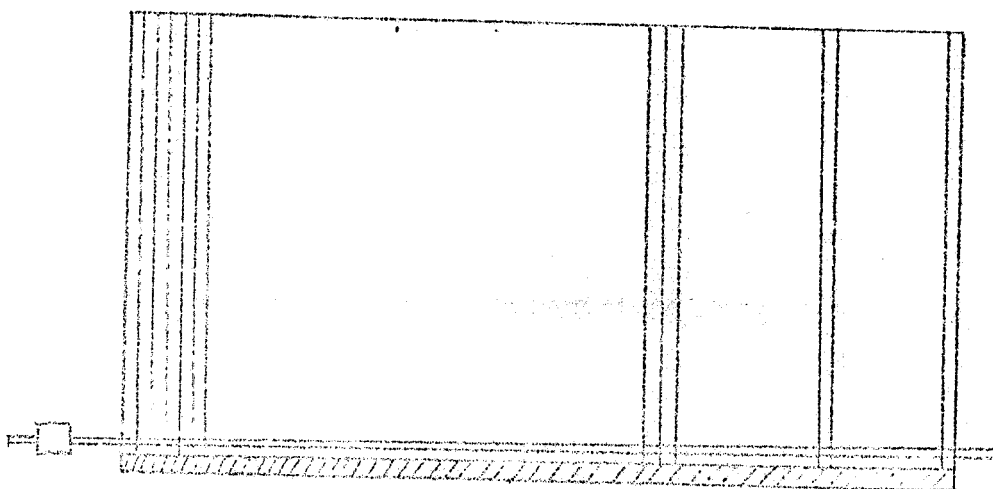
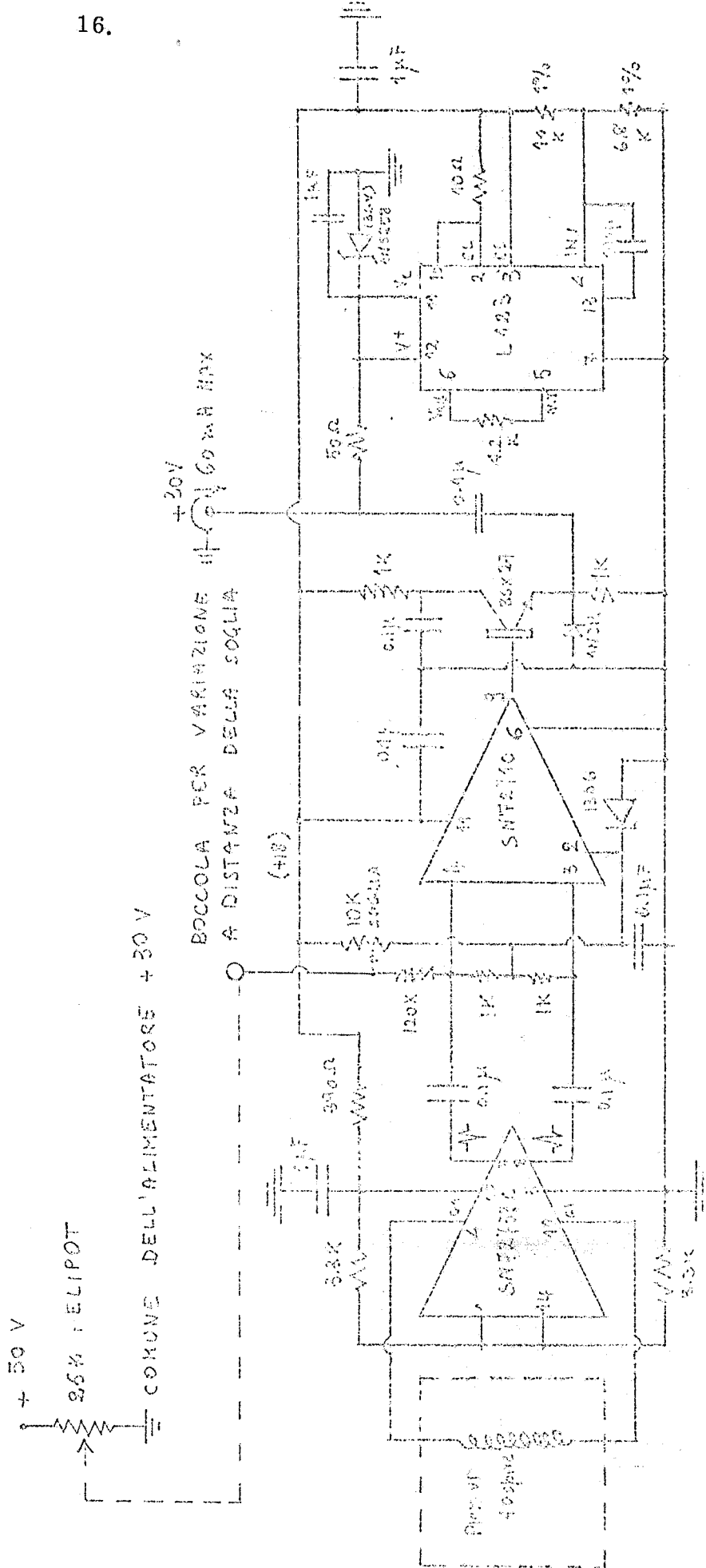


FIG. 3



Note - Costruzione su una sola carta di circuito stampato da rinchiudere per schermaggio in opportuna scatola di alluminio (spessore 2.5 mm) chiusa su tutti i lati con solo ingresso per la spada portante il filo e uscita su LEMO (o BNC) portante ad un tempo la tensione e l'impulso formato.

- Circuito stampato con generosa distribuzione di massa.

FIG. 3a - Amplificatore formatore per filo magnetostorivo.

bicini in varie condizioni di funzionamento nel tentativo di ridurre i tempi di recupero al livello di 10 ms, sempre mantenendo una grande efficienza e un piccolo tempo di sensibilità^(x).

Sono stati inoltre provati diversi metodi di lettura dei tubicini ottenendo risultati particolarmente buoni mediante pick up capacitivi (impulsi dell'ordine di 10 microsecondi e di almeno 10 v).

La versione finale del sistema dovrà far uso delle informazioni di una prova di rivelazione e identificazione di sciami in corso di preparazione e da eseguire con l'elettrosincrotrone. Ne potrebbe risultare che buone identificazioni di sciami possono essere ottenute anche con tubi di 2 cm di diametro riducendo così la complessità del sistema.

Per uno schema del metodo di trasferimento dell'informazione dal rivelatore al calcolatore (per un totale esemplificativo di 4096 tubicini) si veda la parte relativa nel paragrafo "Acquisizione dati".

5.4. - Logica rapida. -

Ciascuno dei 16 telescopi che costituiscono l'intero apparato è formato da 4 contatori (appartenenti ai quattro diversi odoscopi) per i quali definiamo i seguenti trigger parziali: (v. Fig. 4 e 5)

- 1) Coincidenza dei contatori N. 1, N. 2, e N. 3 che chiameremo convenzionalmente "Q".

$$"Q" = 1.2.3$$

- 2) Coincidenza dei contatori N.1, N.2 e N.3 ed anticoincidenza del contatore 4, che chiameremo convenzionalmente

$$"P" = (1.2.3.) \bar{4}$$

- 3) Coincidenza dei contatori N.1, N.2, N.3 e N. 4 che chiameremo convenzionalmente

$$"E" = 1.2.3.4.$$

I protoni emergenti dalla zona di interazione nell'intervallo di energia accettato dal dispositivo (110 ÷ 250 MeV) daranno luogo a trigger del tipo "P".

Gli antiprotoni saranno certamente contenuti nei trigger di tipo "Q".

Raggi cosmici e particelle penetranti provenienti dalla zona di interazione (essenzialmente e⁻, e⁺) saranno contenuti nei trigger

(x) - Tentativi simili sono in corso con successo presso l'Istituto di Fisica di Roma; comunicazione di M. Conversi.

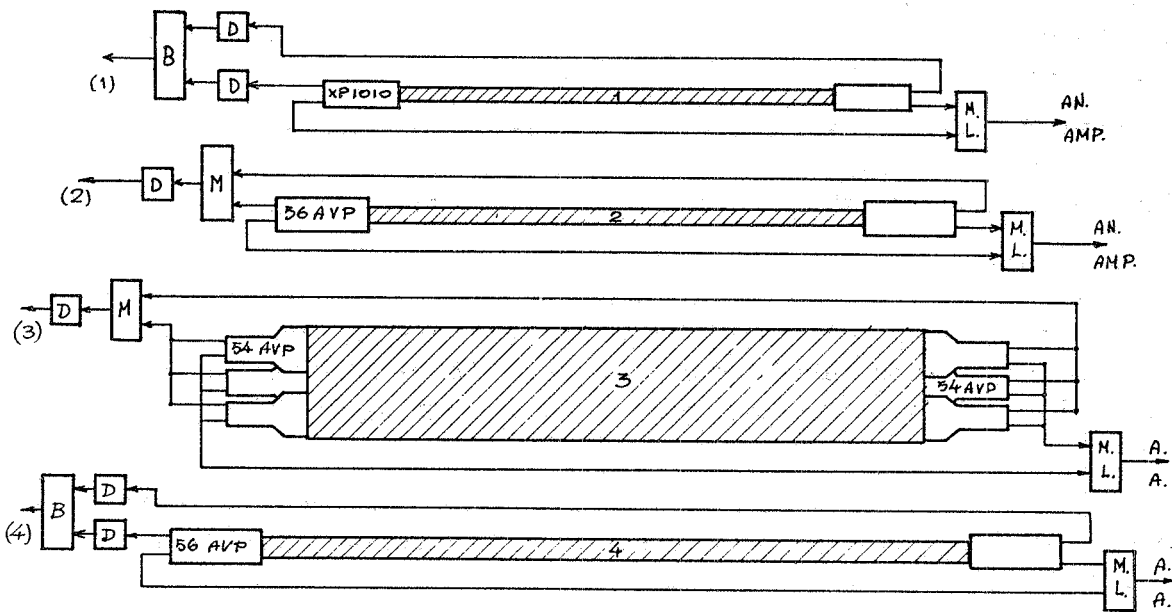
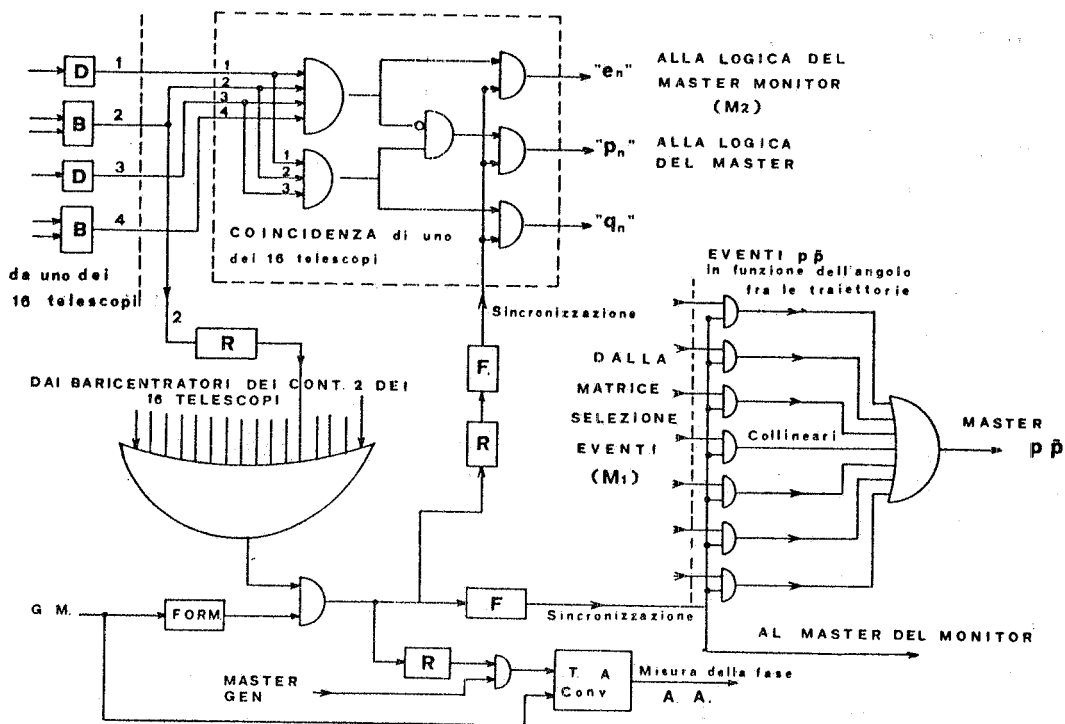


FIG. 4

SCHEMA LOGICO: formazione MASTER p̄p̄ e sincronismo



LOGICA RAPIDA

FIG. 5

parziali di tipo "E".

Compatibilmente con il "trigger rate" per aumentare la accettazione del dispositivo alle basse energie dei protoni i trigger "P" e "Q" potranno diventare:

$$\text{"P"} = (1.2) \cdot \bar{4} \quad \text{"Q"} = 1.2$$

Lo schema a blocchi di una coincidenza che fornisce i tre tipi di trigger appena definiti è mostrato in Fig. 5. Tale coincidenza, realizzata con elementi micrologici Motorola (MECL 1/2) è in realtà una unità logica complessa e flessibile che può essere facilmente "organizzata" in svariate configurazioni.

Una variante rilevante possibile prevede la sostituzione del requisito di coincidenza fra i contatori 1, 2 e 3 di un telescopio con la richiesta di coincidenze fra i contatori 1 e 2 con grossa perdita di energia nel contatore 2. Tale variante permette di estendere l'accettazione dell'apparato per basse energie dei protoni (~ 80 MeV).

La definizione delle operazioni logiche effettuate dalle 16 unità sarà normalmente programmata direttamente dal calcolatore On-Line. (I controlli manuali sono ovviamente sempre possibili). In tal modo tutte le operazioni di messa a punto, di controllo del funzionamento dei contatori, con i raggi cosmici, ecc., saranno centralizzate e non richiederanno l'intervento diretto di operatori.

La logica delle coincidenze dei telescopi sarà programmata direttamente dal calcolatore on-line.

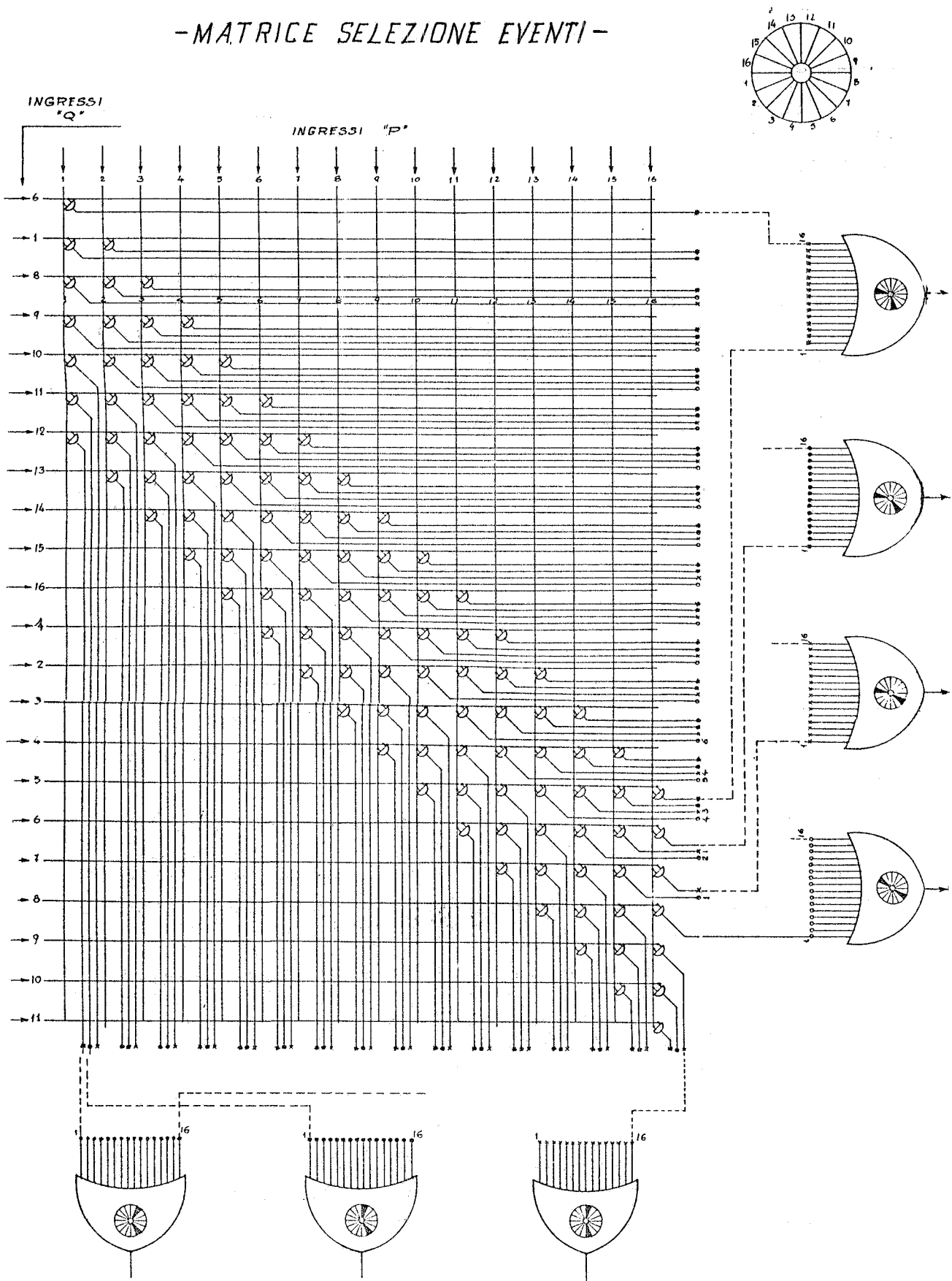
Il trigger per gli eventi barionici viene generato richiedendo la coincidenza fra un trigger parziale "Q" di un telescopio e un trigger tipo "P" di un altro telescopio coplanare entro $\pm 80^\circ$ in azimuth. Le reazioni barioniche elastiche ($e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$) corrispondono ovviamente a coincidenze fra telescopi diametralmente opposti.

La selezione dei trigger barionici di tipo "P", "Q" è eseguita dalla matrice di coincidenze M_1 (v. Fig. 6).

Si tratta di una matrice 16×16 che può fornire su uscite distinte i master trigger corrispondenti ad eventi coplanari (fra telescopi opposti) e quasi coplanari. Un OR fra queste uscite genera il master trigger degli eventi barionici elastici ed anelastici.

Una seconda matrice di coincidenze M_2 (v. Fig. 7) seleziona gli eventi di tipo "E". "E" fra telescopi opposti. Questo trigger costituisce il master trigger del monitor ($e^+e^- \rightarrow e^+e^-$).

-MATRICE SELEZIONE EVENTI-



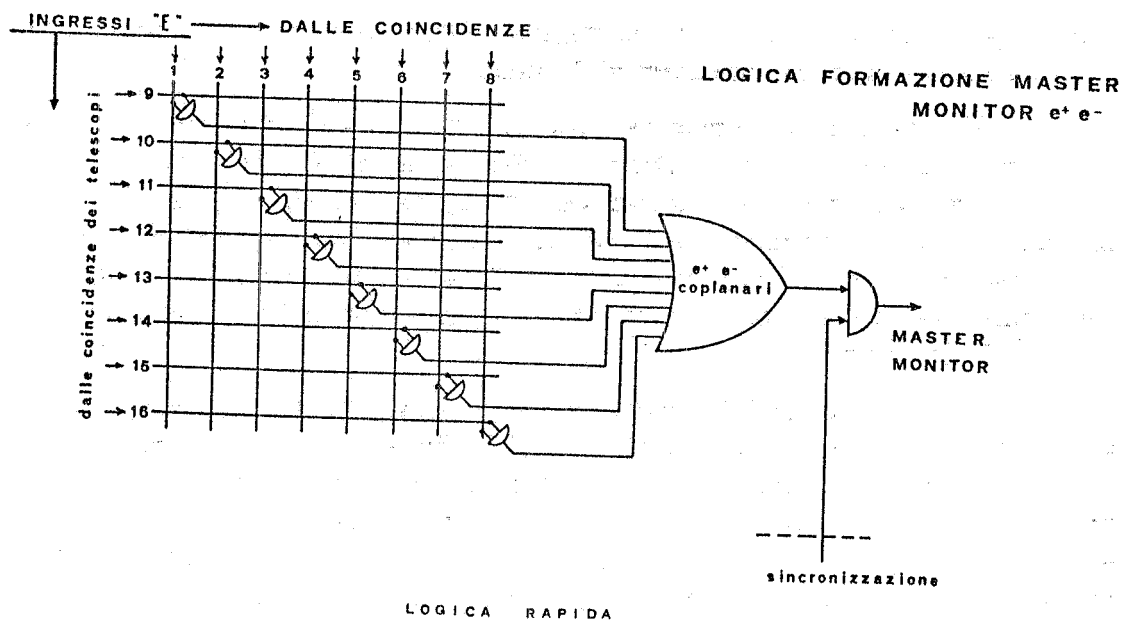


FIG. 7

Formazione degli impulsi dei contatori e generazione dell'impulso di sincronizzazione.

I contatori del II odoscopio sono visti da due fotomoltiplicatori 56 AVP alle due estremità. Per i contatori del III odoscopio, ai quali non si richiedono accurate informazioni di tempo, è prevista una batteria di 3 fotomoltiplicatori EMI 9732 ad una estremità ed uno specchio, o una seconda batteria all'altra estremità. Sullo schema a blocchi (v. Fig. 4) è riportata la soluzione corrispondente a 2 batterie di fototubi. Gli impulsi anodici di ogni contatore vengono miscelati ed inviati al discriminatore corrispondente (tempo di formazione del discriminatore 50 n sec.).

Il time jitter previsto è circa 15 ns.

Data la struttura temporale dei fasci di Adone, l'uso di un tempo di formazione così elevato non comporta incremento di coincidenze accidentali.

Il timing accurato dell'evento necessario per la rivelazione del fondo di raggi cosmici con tecniche di tempo di volo è assicurata dai contatori del I odoscopio noti con due fototubi X P 1010 ciascuno. Gli impulsi di ciascun fototubo vengono amplificati e inoltrati ad un bari-centratore. Date le minori dimensioni dei contatori del I odoscopio, anche con questi fototubi il "time jitter" intrinseco dell'impulso di uscita è minore di quello che si otterrebbe usando i contatori del II

odoscopio muniti di fototubi più rapidi. Dalle prove fatte risulta una risoluzione temporale minore di 1 nsec.

Gli impulsi di uscita dei baricentratori vengono inviati, previa messa in tempo, ad un OR a 16 vie, generando così un impulso di sincronizzazione che costituisce un segnale di timing per tutta la logica rapida. Il ritardo degli impulsi di sincronizzazione associati ai "Master triggers" rispetto ai segnali sincroni con il passaggio dei "bunches" nella zona d'interazione (Gate macchina) definisce la "fase" dell'evento.

I contatori del IV odoscopio, come quelli del II odoscopio, sono visti da due fotomoltiplicatori rapidi (56 AVP) da ciascuna estremità, e le relative uscite vengono discriminate e inviate al baricentratore. La conseguente stabilità temporale, rispetto al punto di passaggio della particella, degli impulsi di uscita, rende possibile le misure di tempo di volo, necessarie per l'individuazione degli eventi di scattering e^+e^- fra il fondo di raggi cosmici, e forniscono, un utile criterio aggiuntivo nell'analisi dei dati per tutti i tipi di eventi.

Le misure di tempo di volo si effettuano misurando mediante convertitori tempo ampiezza il ritardo fra gli impulsi dei 16 contatori del 4° odoscopio ed il segnale di sincronizzazione.

La risoluzione prevista, in base a prove già effettuate, è migliore di 1.5 nsec f.w.h.m., mentre la separazione fra i tempi di volo di raggi cosmici ed eventi provenienti dalla macchina è maggiore di 6 nsec.

E' stata presa in considerazione la possibilità di realizzare un trigger più lasco che richieda la presenza di almeno due trigger tipo "Q" ed un tipo "P", per mezzo di due coincidenze di "majority" in And fra loro.

Valutazioni preliminari fanno ritenere eccessiva la velocità di conteggio.

La flessibilità del sistema proposto permette l'inserimento fra i requisiti per avere un trigger, di informazioni complementari come: richiesta di avere un certo numero di contatori scattati nel III o nel IV odoscopio (stelle di annichilazione).

6. - ACQUISIZIONE DATI. -

Lo schema a blocchi generale del sistema di acquisizione dati è rappresentato in Fig. 8.

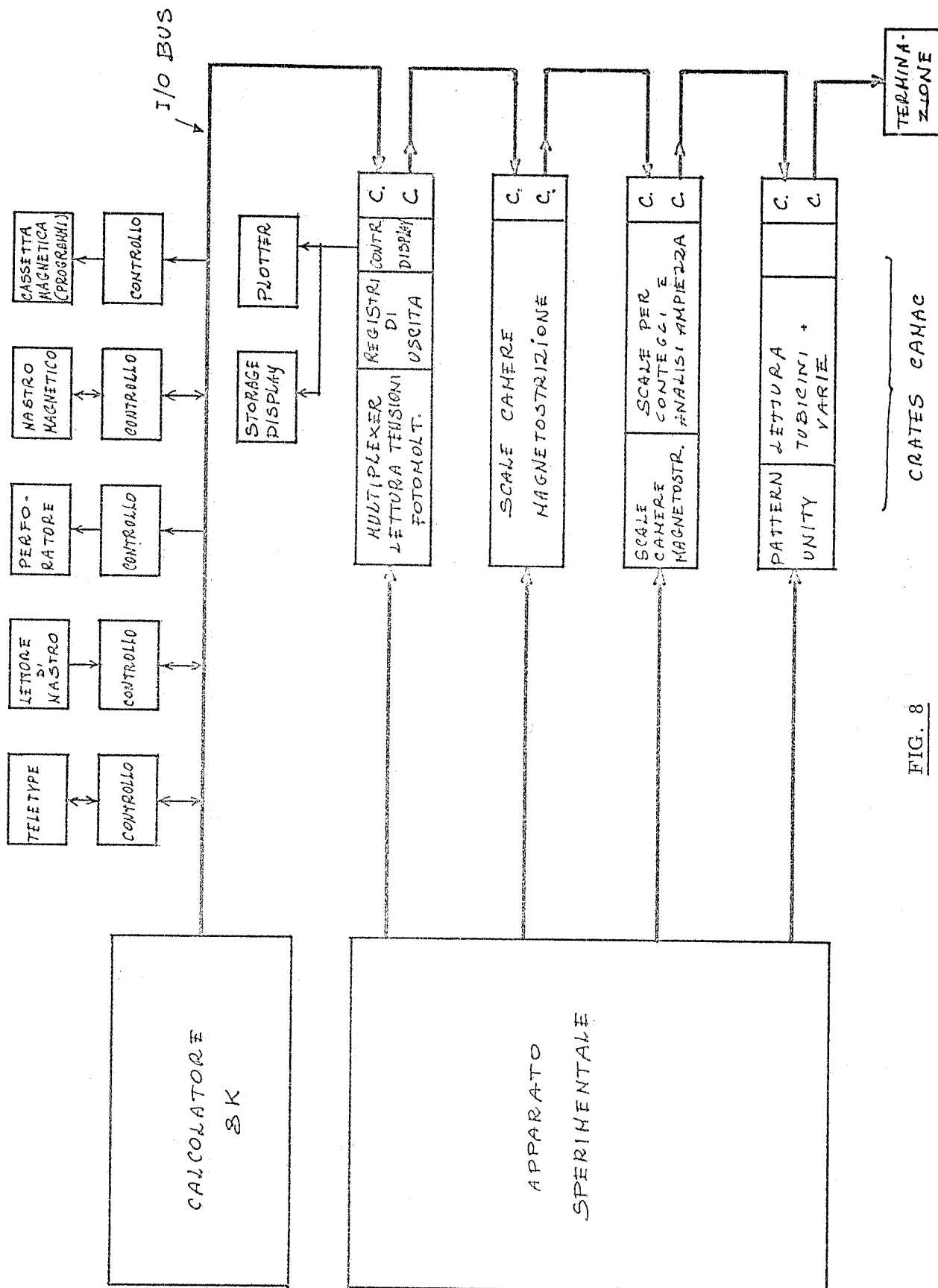


FIG. 8

6.1. - Analisi di ampiezza e tempi di volo. - (Fig. 9)

Come si è accennato precedentemente all'occorrenza di ogni trigger si hanno 80 informazioni analogiche da registrare (le perdite di energie nei 64 contatori e i 16 tempi di volo). Ogni impulso viene inviato a una catena indipendente di analisi lineare CAMAC.

6.2. - Lettura del rivelatore di sciame. -

I 4096 fili delle sonde che prelevano gli impulsi indotti dalla accensione dei tubicini attraverso dei semplici amplificatori di corrente, sono inviati alla memoria a nuclei, che ha il compito di conservare temporaneamente le informazioni.

La memoria è formata da 4096 nuclei, ciascuno con un filo di scrittura indipendente. Per la lettura, invece, i nuclei sono organizzati in modo da costituire una memoria di 128 indirizzi di 32 bit ciascuno. I 128 indirizzi sono divisi in 16 piani di memoria o pagine, ciascuno dei quali contiene 8 indirizzi (gruppi di 32 nuclei). La struttura del complesso è illustrata sinteticamente in Fig. 10.

La logica di lettura è illustrata in Fig. 11. Ogni volta che c'è un evento il segnale proveniente da ciascun tubicino interessato, provoca la combinazione del corrispondente nucleo. La lettura dei nuclei consente quindi di individuare i rivelatori che si sono accesi e viene effettuata, selezionando sequenzialmente i 128 indirizzi della memoria, attraverso il contenuto di bit di un registro di uscita del sistema camac e interrogando contemporaneamente i 32 nuclei che costituiscono la singola cella o indirizzo di memoria.

Il contenuto dell'indirizzo selezionato viene raccolto in un registro d'ingresso del Sistema Camac e di qui inviato al calcolatore che provvede a decodificare le informazioni e a registrare soltanto i rivelatori interessati dall'evento.

6.3. - Controlli. -

Ciascun contatore dei 4 odoscopi del dispositivo sperimentale, è associato a due o più fotomoltiplicatori. I contatori degli odoscopi 1, 2 e 4 ne hanno due ciascuno, quelli dell'odoscopio 3 ne hanno (o 6).

Per poter controllare il corretto funzionamento del singolo fototubo si rende dunque necessario interrompere il segnale proveniente dagli altri fotomoltiplicatori associati.

Questa operazione viene effettuata in parallelo sui fototubi corrispondenti dei contatori di ciascun odoscopio (v. Fig. 12), in funzione dei livelli logici contenuti in un registro di uscita del sistema Camac.

SCHEMA ANALISI LINEARE E TEMPI DI VOLO

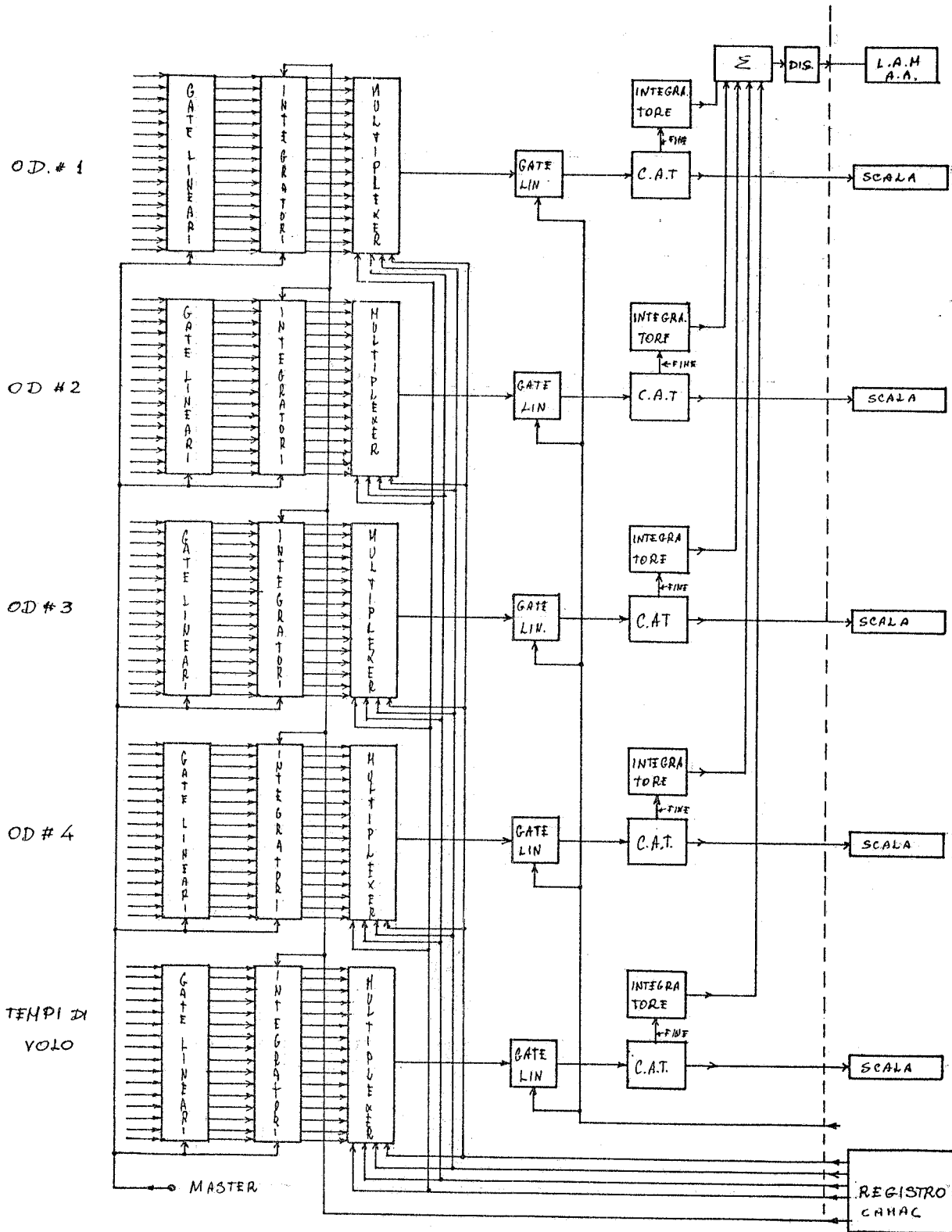
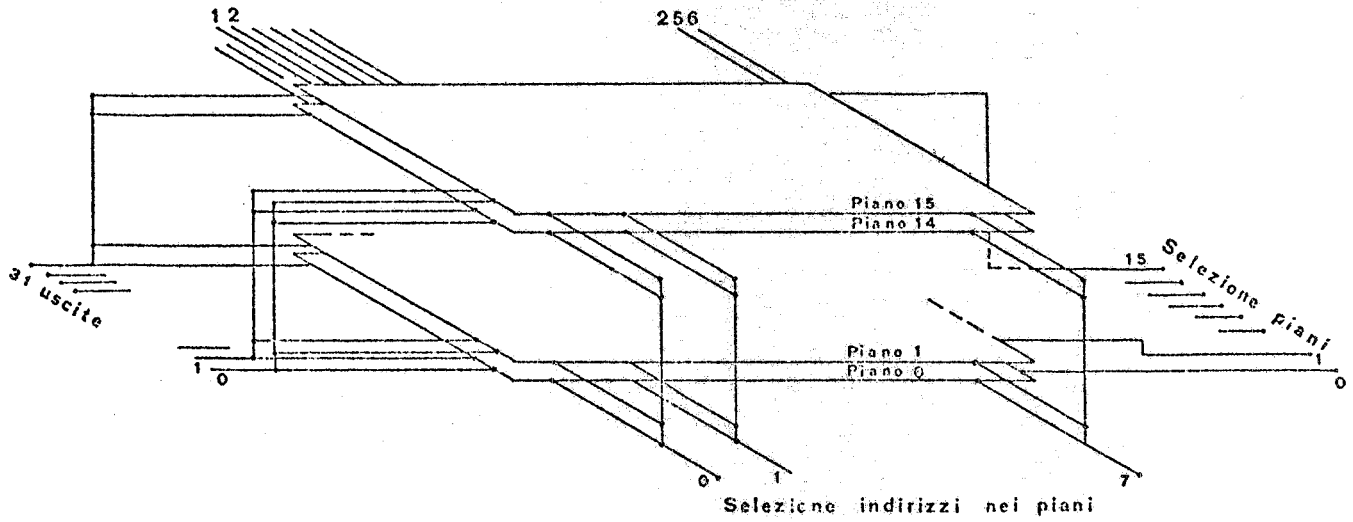


FIG. 9

REGISTRAZIONE e LETTURA del SISTEMA DI RIVELAZIONE A TUBICINI

Dalle Sonde dei tubicini attraverso gli amplificatori
(4096 canali di registrazione)



STRUTTURA DELLA MEMORIA A NUCLEI

FIG. 10

ESPERIENZA BB

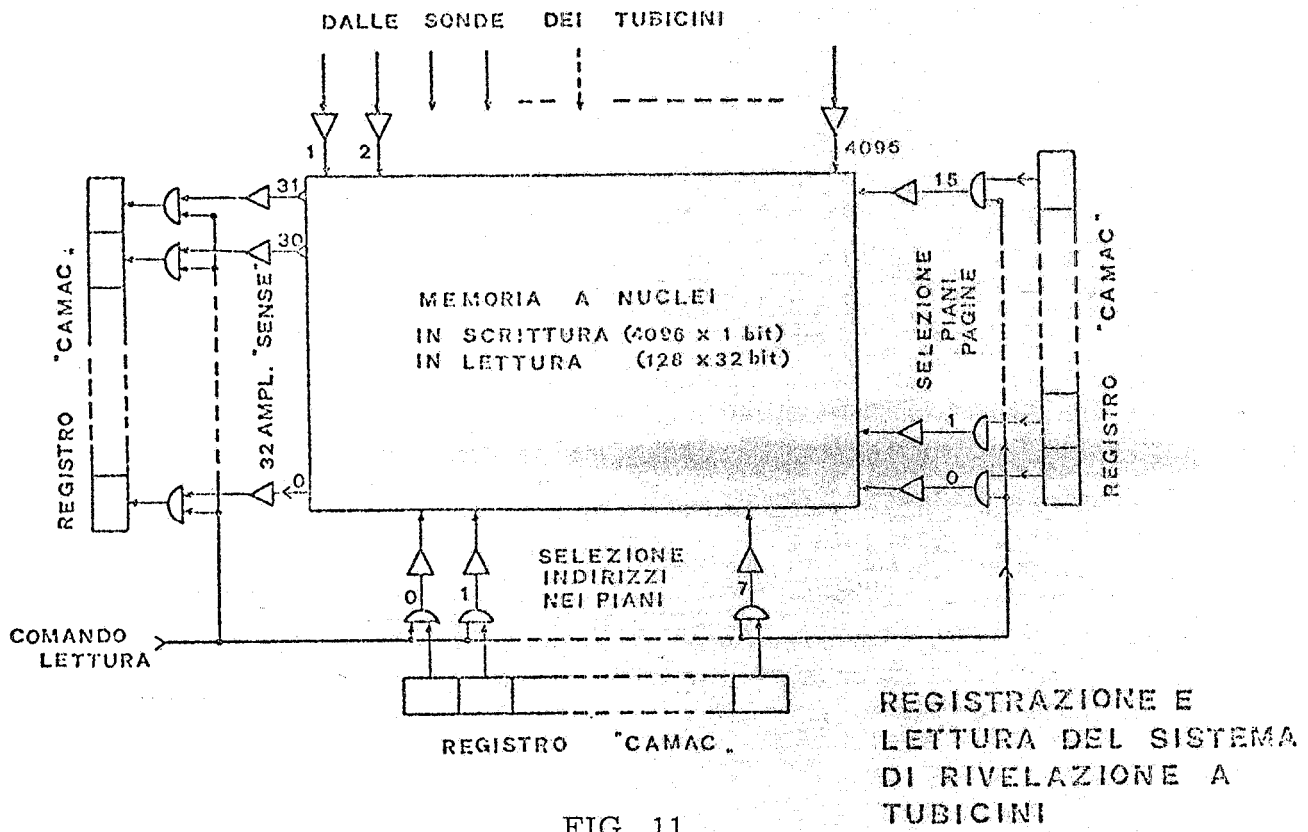


FIG. 11

SCHEMA CONTROLLO, SINGOLI FOTOMOLTIPLICATORI
ON LINE

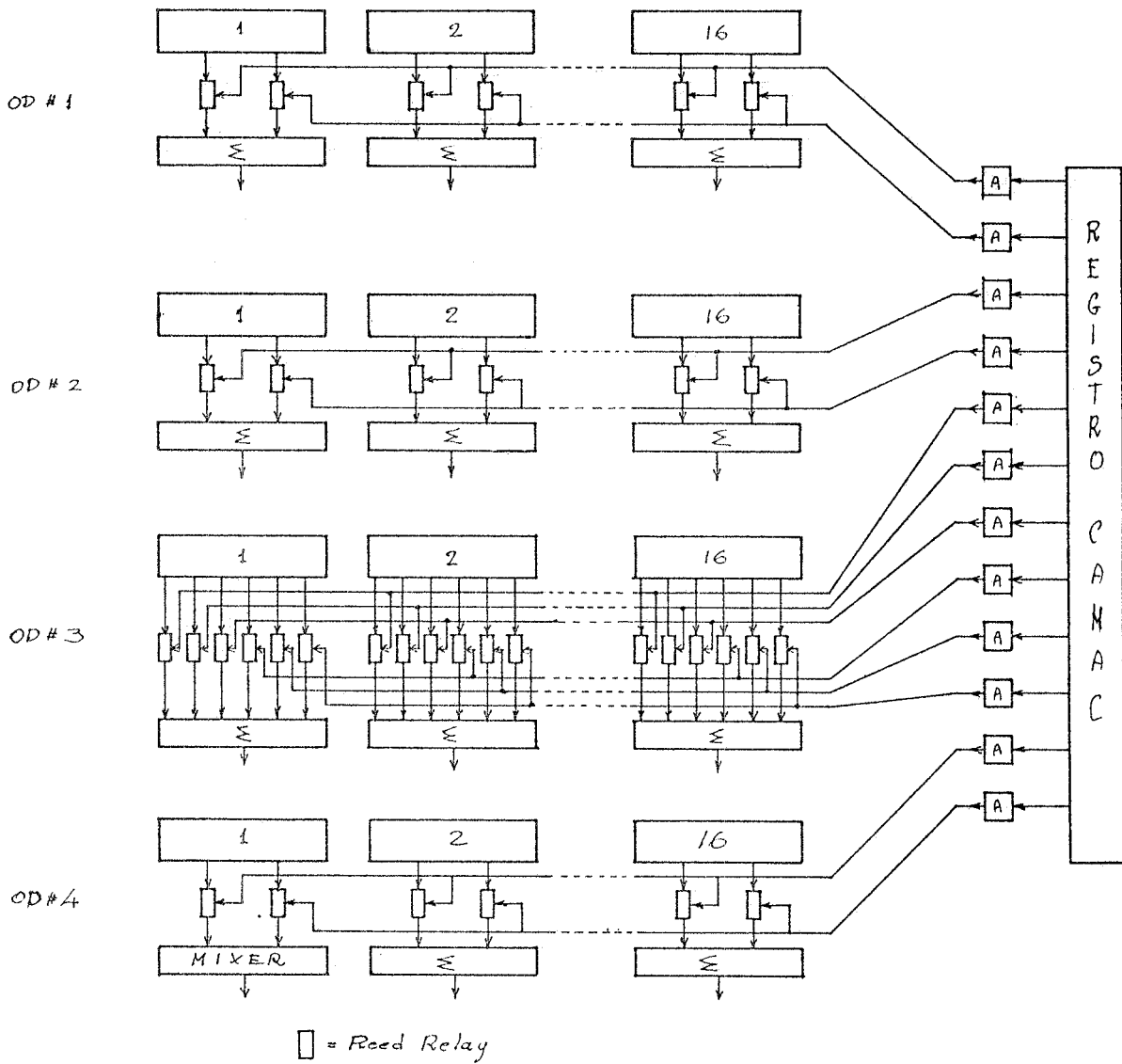


FIG. 12

Questo sistema, consente, per mezzo del calcolatore di effettuare rapidamente i controlli sul funzionamento dei fototubi, in maniera del tutto automatica; si ricorda che anche la logica rapida è programmabile dal calcolatore attraverso il Sistema Camac.

BIBLIOGRAFIA -

- (1) - G. Di Giugno et al., Lett. Nuovo Cimento 2, 873 (1971).
- (2) - Schildnecht et al., DESY Report 71/28 (1971).
- (3) - Gottschalk et al., Nuclear Instr. and Meth. 97, 291 (1971).
- (4) - Measday et al., CERN Report 69/17 (1969).
- (5) - G. Conversi et al., Nuovo Cimento 2, 189 (1955); G. Conversi et al., Comunicazione privata e lavoro in corso di pubblicazione su Nuovo Cimento.