

LNF - 67/65  
3 Ottobre 1967

E. Iarocci, C. Mencuccini e C. Prezzi: UN SISTEMA DI  
TRIGGER RAPIDO PER CAMERA A SCINTILLA. -

(Nota interna: n. 383)

Nota interna: n. 383  
3 Ottobre 1967

E. Iarocci, C. Mencuccini e C. Prezzi: UN SISTEMA DI TRIGGER RAPIDO  
PER CAMERE A SCINTILLA. -

1. - INTRODUZIONE. -

In alcuni esperimenti di fisica delle particelle elementari in cui si faccia uso di camere a scintilla come rivelatori può essere particolarmente sentita l'esigenza di rendere minimi sia il ritardo tra l'evento da rivelare e l'applicazione dell'impulso di alta tensione ai piatti della camera a scintilla, sia il tempo di salita dell'impulso stesso.

In particolare, il sistema di trigger che viene descritto è stato messo a punto per un esperimento<sup>(1)</sup> da condursi con l'anello di accumulazione di elettroni e positroni da 1.5 GeV dei Laboratori Nazionali di Frascati (Adone): in questo esperimento la rivelazione di cascate e. m. impone per le camere a scintilla un'elevata efficienza per molte tracce; da cui l'esigenza di un breve tempo di salita per l'impulso di alta tensione, mentre d'altra parte la particolare struttura temporale della produzione di particelle dalla collisione di pacchetti di elettroni e positroni in Adone (un incrocio di pacchetti ogni 100 nsec) comporta l'esigenza di minimizzare il ritardo tra l'evento da rivelare e l'impulso di alta tensione ai piatti delle camere a scintilla, onde ridurre il numero di incroci di fasci contenuti nel

2.

tempo di sensibilità delle stesse.

Uno schema sintetico del sistema completo di trigger e l'andamento dei ritardi nei vari punti è riportato in Fig. 1.

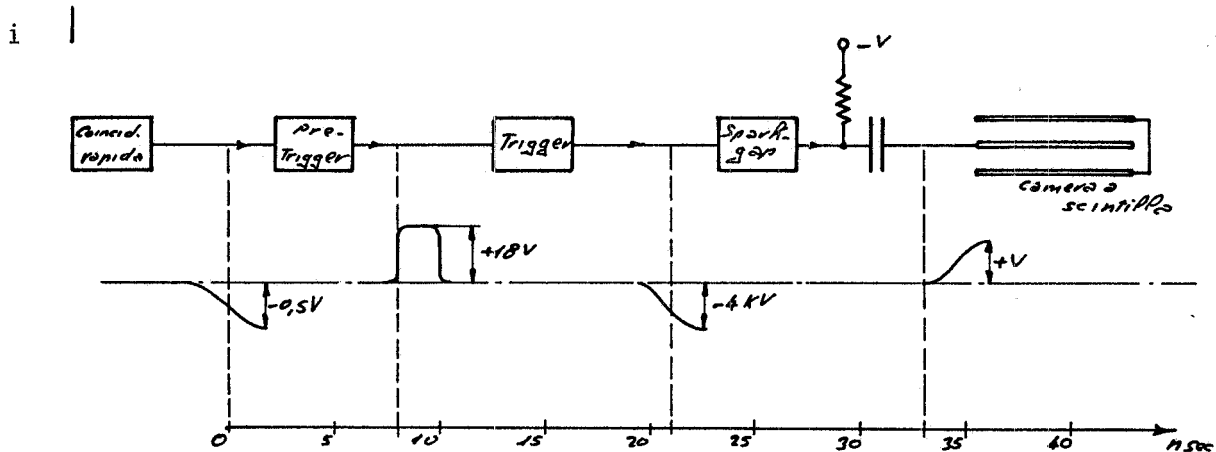


FIG. 1 - Schema a blocchi del sistema di comando e situazione dei ritardi nei vari punti (cavi esclusi). L'andamento della salita degli impulsi è in scala arbitraria.

Il sistema, che può essere comandato per esempio dall'impulso d'uscita di una coincidenza rapida<sup>(2)</sup> (circa 0,5 V negativi) consta dei tre componenti seguenti:

- PRE - TRIGGER:

circuito intermedio tra la coincidenza rapida ed il trigger di alta tensione, con funzioni di amplificazione e disaccoppiamento rispetto ai disturbi di ritorno dovuti alla scarica della spark-gap; lo stadio finale è a transistor in avalanche con formazione a cavo ed uscita su 50 Ω :

Caratteristiche principali:

soglia d'ingresso	- 250 mV
tempo di salita dell'impulso in uscita	≈ 0,5 nsec
ritardo	8 nsec
ampiezza dell'impulso positivo d'uscita su 50 Ω	+ 15 + 20 V

- TRIGGER:

trigger di alta tensione costituito da un "avalanche Marx" che comanda un doppio pentodo 3E29 alimentato a + 4KV.

Caratteristiche principali:

soglia d'ingresso	+ 12 V
tempo di propagazione	8 nsec
tempo di salita dell'impulso d'uscita	8 nsec
ampiezza dell'impulso negativo d'uscita	≈ 4 KV
tempo di recupero	<10 msec

## - SPARK-GAP:

del tipo a tre elettrodi ad emisferi terminali di molibdeno, polarizzati alle tensioni  $V$ ,  $V/2$ ,  $0$ ; la scarica viene prodotta inviando simultaneamente una sovratensione impulsiva all'elettrodo mediano, ed un flash d'ultravioletto nella zona di scarica<sup>(3)</sup>.

Caratteristiche principali:

tempo di salita	< 1 nsec
tempo di jitter	~ 1 nsec
ritardo a partire da metà altezza dell'impulso di trigger	12 nsec

Nel seguito vengono descritti più in dettaglio il trigger, il pre-trigger e la spark-gap e discusse alcune prestazioni di questo sistema di comando applicato a camere a scintilla del tipo a doppia gap, di grandi dimensioni.

## 2. - LA SPARK-GAP. -

La spark-gap è costituita da tre elettrodi uguali, con le estremità arrotondate di molibdeno o tungsteno a distanza variabile, sostenuti da un contenitore di plexiglas in cui può farsi circolare azoto. Affacciata alla zona di scarica è posta una piastrina di materiale ad alta costante dielettrica (titanato di bario), con una faccia a massa, mentre sull'altra è appoggiata una punta di tungsteno. Questa, impulsata opportunamente, produce un flash di ultravioletto che, preionizzando la zona di scarica nella spark-gap, ne riduce il ritardo ed il jitter. La Fig. 2a) ne mostra una realizzazione meccanica tipica.

Lo schema tipico di impiego è illustrato in Fig. 2b). Un elettrodo è collegato all'alta tensione negativa  $-V$ , quello mediano è a  $-V/2$ , il terzo a massa. Inviando simultaneamente l'impulso negativo del trigger all'elettrodo mediano ed alla punta di tungsteno, la gap tra elettrodo intermedio e massa risulta sovratensionata (da  $V/2$  a  $(V/2 + 4KV)$ ) e preionizzata dal flash d'ultravioletto, con conseguente formazione della scarica; a questo punto risulta sovratensionata (e preionizzata) l'altra gap (da  $V/2$  a  $V$ ), per cui si produce una seconda scarica che, con la prima, pone in corto i tre elettrodi. L'impulso di sovratensione ed il flash di ultravioletto, se forniti isolatamente, sono normalmente insufficienti a comandare la spark-gap.

In atmosfera di azoto flussante non si sono notate differenze di comportamento apprezzabili (ritardo e jitter), per serie di comandi a camere a scintilla superiori a  $10^6$ .

Le prestazioni di tale tipo di spark-gap sono state indicate nello schema introduttivo: le osservazioni sul suo funzionamento sono state effettuate con il probe descritto al par. 5.

Rispetto al tipo diffusamente usato, il cui funzionamento è basato su una punta di comando la cui scarica verso l'elettrodo di massa pro-

4.

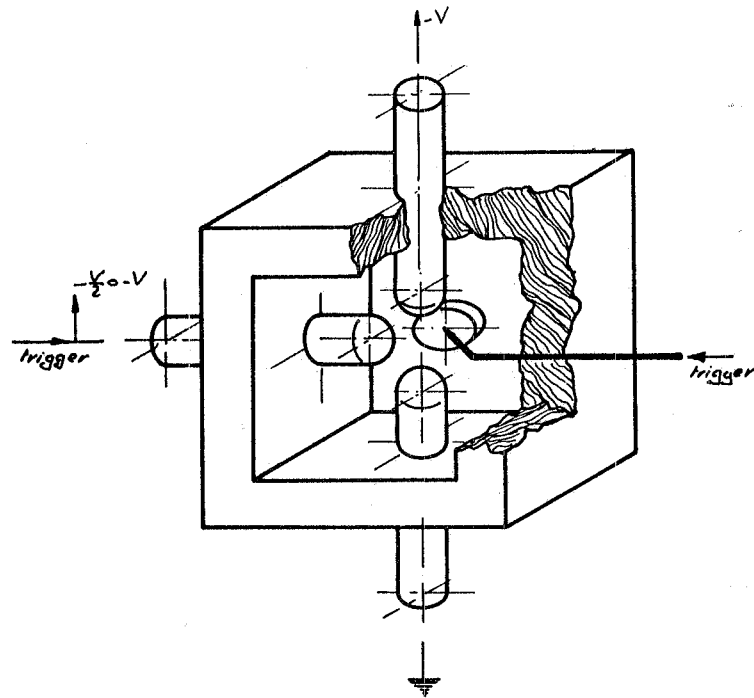


FIG. 2a) - Struttura meccanica tipica di una spark-gap a tre elettrodi.

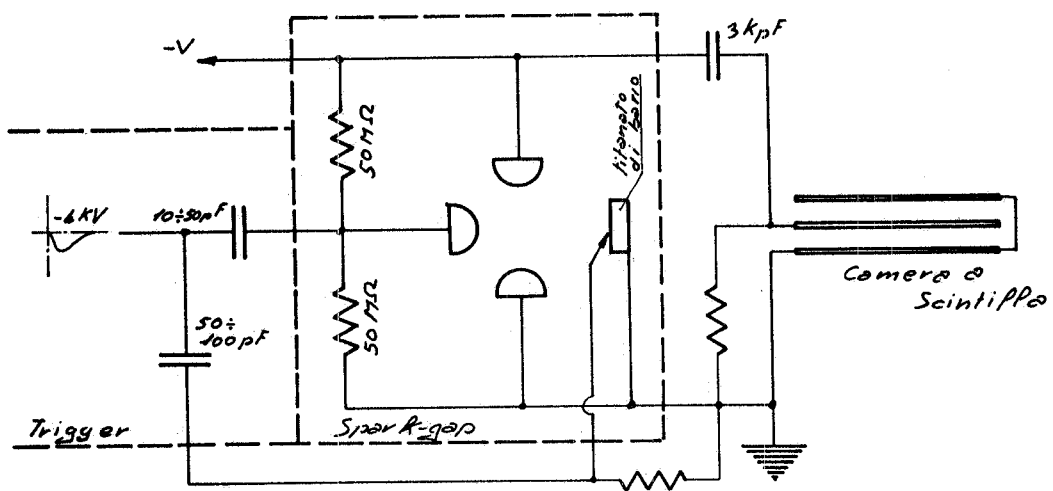
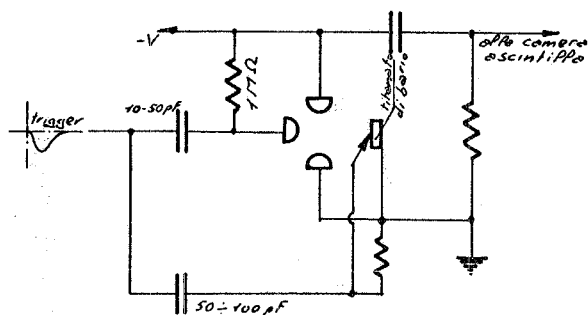


FIG. 2b) - Schema di impiego di una spark-gap a tre elettrodi nella configurazione  $(V, V/2, 0)$ .

voca la formazione della scarica principale, la spark-gap a tre elettrodi sopra descritta offre diversi vantaggi che ne hanno consigliato l'adozione:

- realizzazione meccanica semplice;
- forma degli elettrodi poco sensibile al deterioramento conseguente alle scintille (assenza di punte e spigoli); d'altra parte la produzione del flash di ultravioletto non dipende sensibilmente dalla forma dell'estremità del filo di tungsteno impulsato, essendo oltre tutto molto bassa l'energia dissipata per impulso (si scaricano non più di  $\approx 10$  pF);
- piccola energia richiesta al circuito di trigger: carico capacitivo di qualche decina di pF (contro  $\sim 3000$  pF necessari per l'altro tipo di spark gap);
- ampio intervallo di funzionamento in tensione (fino a tensioni inferiori del  $20 \div 40\%$  a quella di breakdown), il che rende poco critico l'aggiustaggio meccanico degli elettrodi;
- adottando per le tensioni di polarizzazione la configurazione (V, V, 0)



(Fig. 2c), la distanza fra gli elettrodi risulta più grande a parità di tensione di lavoro; ciò consente di lavorare con tensioni fino a 2KV, senza che risulti difficile l'aggiustaggio meccanico o critico di funzionamento.

FIG. 2c - Schema d'impiego nella configurazione (V, V, 0).

### 3. - IL TRIGGER. -

In Fig. 3a è disegnato lo schema del circuito realizzato. Lo stadio finale è costituito da un doppio pentodo (3E29), con l'anodo alimentato a +4KV e mantenuto normalmente spento da una tensione di - 200 V in griglia controllo. Questa riceve l'impulso di accensione da un Marx a 5 stadi a transistor avalanche (selezionati dal tipo 2N2219), il cui principio di funzionamento è il seguente: 5 capacità sono caricate in parallelo alla tensione di alimentazione di  $90 \div 100$  V, mentre sono connesse in serie dai 5 transistor normalmente spenti (mediante la catena di diodi FD100); provocando l'accensione in avalanche del primo con un impulso positivo ampio almeno 12 V, si ha la successiva accensione dei seguenti, il tutto in un tempo di circa 1 nsec, per cui al terminale di uscita il circuito risulta equivalente alla serie delle 5 capacità, ciascuna ancora carica alla tensione di alimentazione, con in serie l'impedenza dei transistor che è stata determinata pari a  $\sim 60 \Omega$  per il singolo transistor. In definitiva quindi tale circuito fornisce un impulso positivo ampio  $450 \div 500$  V (a circuito aperto) con una corrente di picco di  $\sim 1,5$  A su carico capacitivo. Con questo impulso di accensione, sulla placca della 3E29 si presenta un impulso negativo di 8 nsec di tempo di salita

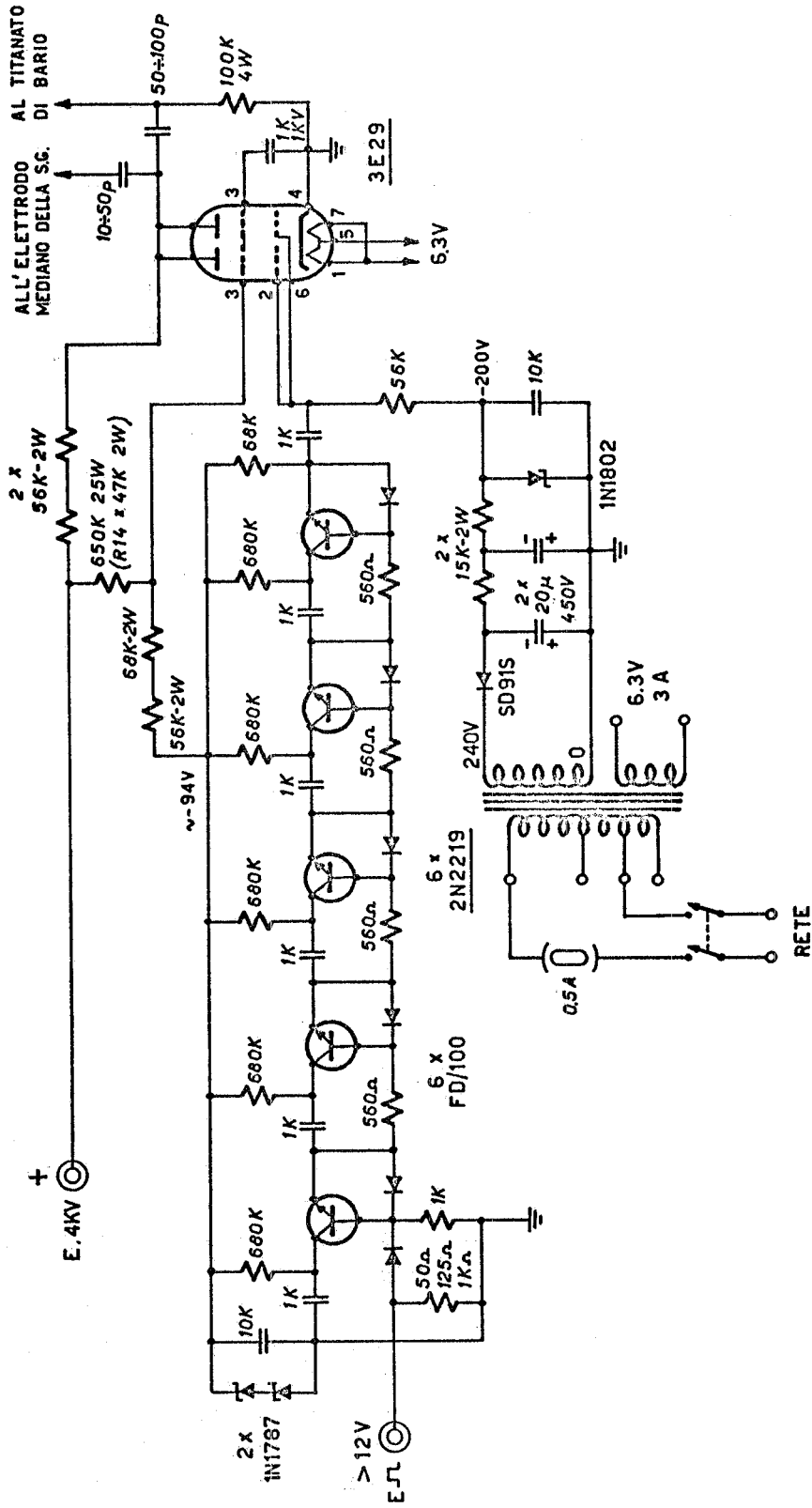


FIG. 3a - Schema del circuito di trigger.

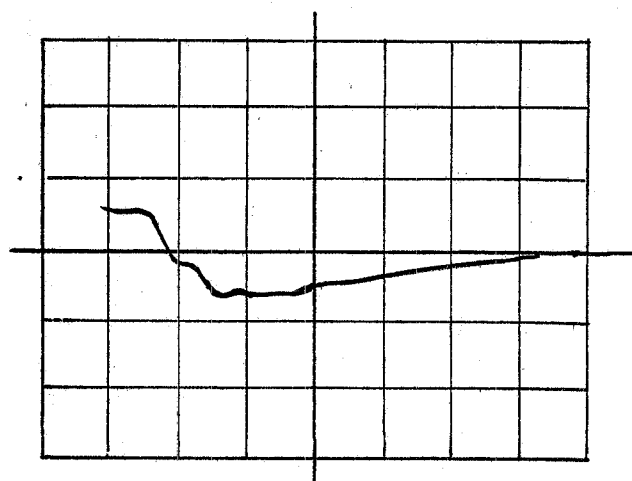


FIG. 3b) - Impulso d'uscita del circuito di trigger. Orizz. : 10 nsec/cm; vert. :  $\approx 3$  KV/cm.

(Fig. 3b), ampio  $\approx 4$  KV e su un'impedenza d'uscita di  $\approx 100 \Omega$ . Il tempo di propagazione di tutto il circuito è di 8 nsec. Osserviamo infine che impiegando il circuito con una spark gap a 3 elettrodi, le capacità di carico in uscita possono essere fatte molto piccole (par. 2) il che permette di fare molto piccola anche quella di blocco della griglia schermo (1000 pF) senza deterioramento apprezzabile del tempo di salita e con conseguente riduzione del tempo di recupero del circuito: nel nostro caso esso è stato fatto lavorare a frequenze di ripetizione fino a 100 Hz.

#### 4. - IL PRE-TRIGGER. -

In Fig. 4a) è presentato lo schema elettrico del circuito. Lo stadio di formazione dell'impulso di uscita è costituito da un cavo inizialmente carico a 100 V, connesso al cavo di uscita mediante un transistor a valanche, selezionato dal tipo 2N2219, che agisce da interruttore con tempi di chiusura e risposta inferiori ad 1 nsec.

Data l'impedenza presentata dall'avalanche, il cavo di formazione a  $125 \Omega$  risulta adattato introducendo una resistenza da  $10 \Omega$  in serie al transistor e al cavo di uscita a  $50 \Omega$ .

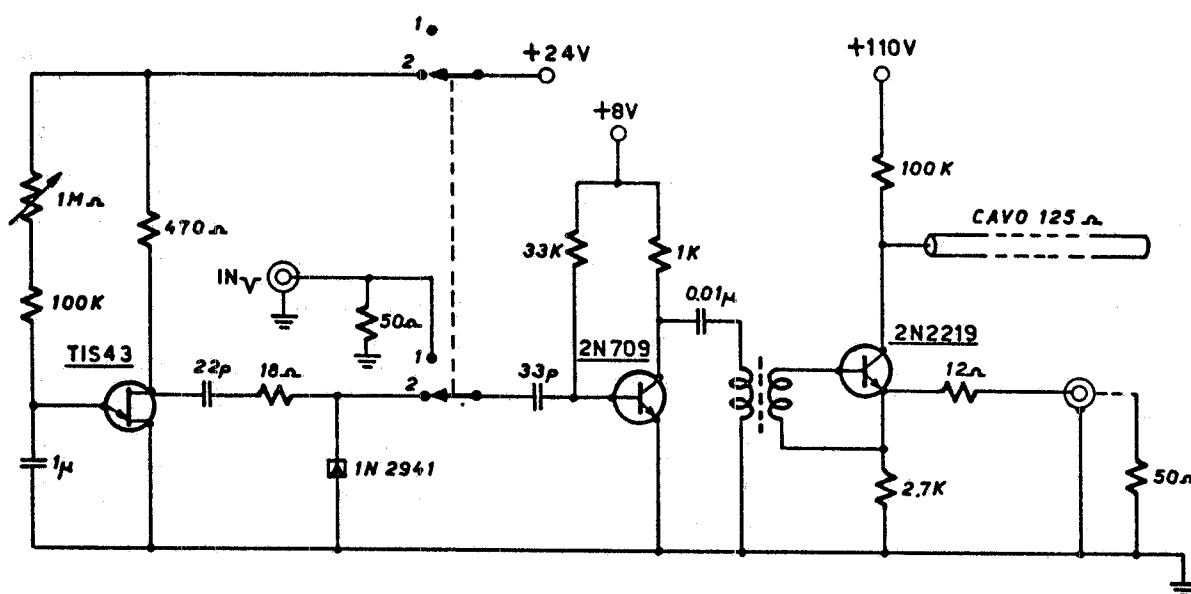


FIG. 4a) - Schema elettrico del pre-trigger.

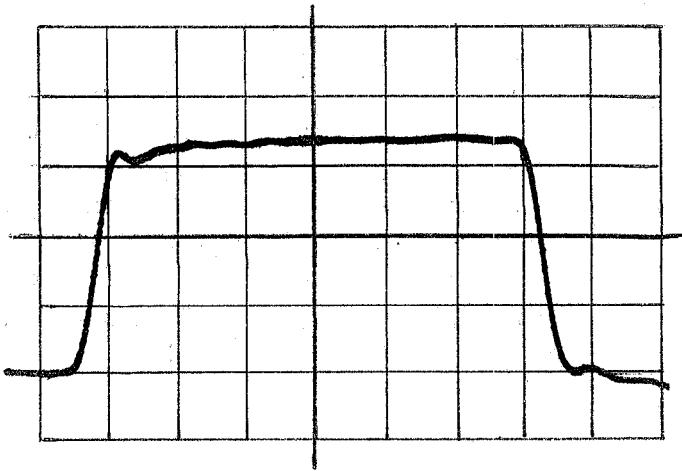


8.

L'impulso di accensione dell'avalanche è fornito tramite un trasformatore 1 spira/1 spira su nucleo di ferrite: ciò permette di tenere ben spento il transistore e di minimizzare l'accoppiamento tra ingresso ed uscita.

Un 2N709 amplifica il segnale di ingresso.

In figura 4b è l'impulso di uscita.



L'aggiunta di un "clock" con frequenza variabile fra uno e dieci Hz inseribile mediante commutatore, risulta comoda per prove sulla catena di comando delle camere a scintilla.

Esso è costituito da uno oscillatore ad unigiunzione di tipo TIS43, i cui impulsi sono formati rapidi da un diodo tunnel per esse re adatti a pilotare il circuito di formazione.

FIG. 4b) - Impulso d'uscita del circui to di trigger. Orizz.: 1 nsec/cm; vert.: 5 V/cm.

## 5. - APPLICAZIONI A CAMERE A SCINTILLA DI GRANDI DIMENSIONI. -

Il sistema di comando fin qui descritto è stato applicato a camere a scintilla del tipo a doppia gap di 8 mm, con piatti di alluminio, di di mensioni 1m x 1m. Sono state effettuate osservazioni dei tempi di salita dell'impulso sulla camera, cercando quindi di minimizzarli per quanto det to nell'introduzione. Inoltre è stato affrontato il problema dell'eliminazione degli spari al bordo delle camere in caso di comando senza evento.

Per l'osservazione degli impulsi di alta tensione del circuito di trigger e della spark-gap è stato impiegato un partitore resistivo così co stituito (Fig. 5): una catena di 10 resistenze da  $56 \Omega$  (Allen-Bradley, 1/4 W) è infilata al posto del conduttore centrale in un segmento di cavo coas siale a  $75 \Omega$ ; da una parte esso termina sull'elettrodo di lettura, dall'al trasull'elettrodo centrale del connettore su cui si chiude il cavo. Ponendo in parallelo al cavo d'uscita un tappo con una resistenza di valore opportu no si può portare l'attenuazione al valore desiderato ( $10 \Omega$  nel nostro ca so). Il tempo di salita di un probe così fatto è inferiore a 1 nsec. Natural mente esso non può essere applicato in punti stazionariamente a tensione, nel qual caso è necessario introdurre una capacità in serie. Attraverso questo probe l'impulso, ulteriormente attenuato, è inviato all'ingresso di un oscilloscopio Tek 519: questo sistema di osservazione si presenta pra

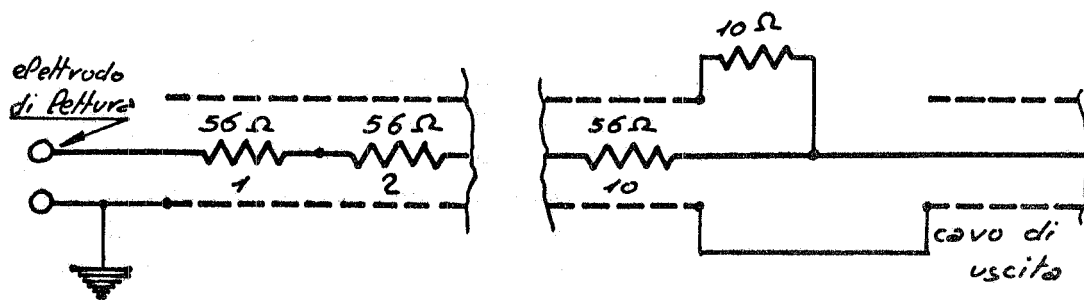


FIG. 5 - Schema illustrativo del probe per l'osservazione di impulsi di alta tensione.

ticamente esente da disturbi indotti in presenza di scariche, anche con l'oscilloscopio a distanza dell'ordine di 1 m dalla spark-gap. Consideriamo ora il sistema di comando connesso ad una camera del tipo prima detto. Dato l'elevato carico capacitivo da essa offerto ( $\sim 2.500$  pF), il tempo di salita dell'impulso presente sul piatto mediano risulta molto lungo se non si impiegano connessioni particolarmente poco induttive (grosse e corte). Con una connessione di rame di dimensioni dell'ordine di 10 cm di lunghezza, 3 cm di larghezza, 2 mm di spessore, si sono ottenuti tempi di salita di  $25 \div 30$  nsec (Fig. 6). Si è trovato essenziale dover connettere il probe direttamente fra i piatti della camera, cioè a valle delle connessioni, osservandosi altrimenti tempi di salita molto più brevi ma fittizi. Con gas He e una tensione di lavoro di 12 KV la scarica della camera risulta pienamente formata dopo  $40 \div 50$  nsec dall'applicazione dell'impulso (Fig. 5). Spostando la lettura dell'impulso da un punto nei pressi della spark gap, ad un punto sul lato opposto, si è osservato (Fig. 5) un incremento dell'ampiezza dell'impulso di  $\sim 10\%$ : ciò significa che la bassa impedenza d'uscita e la rapidità del formatore d'impulso, insieme alla lunghezza della camera, ne mettono in evidenza la caratteristica di linea di trasmissione aperta ad un'estremità.

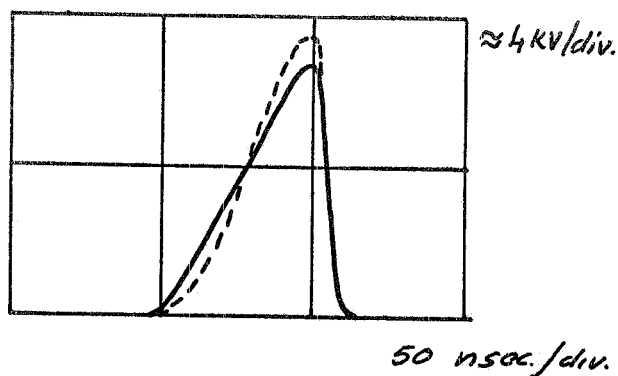


FIG. 6 - — Forma dell'impulso sul piatto A. T. della camera, sul lato della spark-gap; - - - - idem, sul lato opposto

l'impulso di  $\sim 10\%$ : ciò significa che la bassa impedenza d'uscita e la rapidità del formatore d'impulso, insieme alla lunghezza della camera, ne mettono in evidenza la caratteristica di linea di trasmissione aperta ad un'estremità.

L'aumento di ampiezza osservato dalla parte opposta alla spark-gap normalmente favorisce la formazione di scariche al bordo almeno in assenza di evento. Qualora le condizioni di lavoro siano tali (com'è nel caso di cui all'introduzione) che la frequenza relativa dei comandi senza evento sia elevata, è necessario eliminare l'effetto causa di un deterioramento delle pareti della camera e quindi di un'esaltazione dello stesso, con

lita di  $25 \div 30$  nsec (Fig. 6). Si è trovato essenziale dover connettere il probe direttamente fra i piatti della camera, cioè a valle delle connessioni, osservandosi altrimenti tempi di salita molto più brevi ma fittizi. Con gas He e una tensione di lavoro di 12 KV la scarica della camera risulta pienamente formata dopo  $40 \div 50$  nsec dall'applicazione dell'impulso (Fig. 5). Spostando la lettura dell'impulso da un punto nei pressi della spark gap, ad un punto sul lato opposto, si è osservato (Fig. 5) un incremento dell'ampiezza del-

10.

conseguente calo dell'efficienza. Il modo più semplice consiste nell'integrare l'impulso di comando mediante una resistenza in serie di  $5 \div 10 \Omega$ , con conseguente peggioramento però dell'efficienza di rivelazione della camera, specialmente per molte tracce. L'effetto è stato invece totalmente eliminato e senza inconvenienti, applicando una striscia di mylar (spesso 0,3 mm) lungo tutto il bordo dei piatti e sporgente all'interno per  $\sim 1$  cm. (Fig. 7). E' stato verificato che la zona coperta dal mylar è ancora utile per la rivelazione.

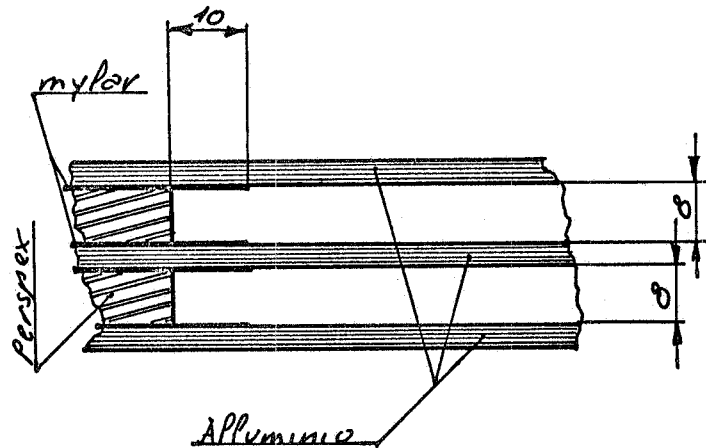


FIG. 7 - Sezione al bordo della camera.

#### BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - C. Bacci, R. Baldini-Celio, G. Capon, C. Mencuccini, G. P. Murtas, C. Pellegrini, A. Reale, G. Salvini, M. Spinetti; Proposal for the measurements of the processes  $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$ ;  $e^+ + e^- \rightarrow \pi^0 + \gamma$ ,  $\eta + \gamma$ . In pubblicazione come nota LNF.
- (2) - Per esempio coincidenza rapida CRR/50 dei LNF.
- (3) - Questo tipo di spark-gap è già stata usata soddisfacentemente in un precedente esperimento: C. R. Fletcher, E. W. Beier, R. T. Edwards, W. V. Hassenzahl, D. Herzo, L. J. Koester, C. Mencuccini and A. Wattenberg, Phys. Rev. Letters 19, 98 (1967).