

COMITATO NAZIONALE PER L'ENERGIA NUCLEARE
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF - 67/28
11 Aprile 1967

R. Del Fabbro, G. De Zorzi e E. Di Capua : STRETTI POTERI
RISOLUTIVI CON GRANDI CONTATORI IN COINCIDENZA. -

(Nota interna: n. 360)

Nota interna: NI-360
11 Aprile 1967

R. Del Fabbro, G. De Zorzi e E. Di Capua^(x): STRETTI POTERI
RISOLUTIVI CON GRANDI CONTATORI IN COINCIDENZA. -

INTRODUZIONE -

E' ben nota la difficoltà che si presenta ogni qualvolta si richiede l'uso di contatori di grandi dimensioni, nello stabilire correlazioni strette tra gli istanti in cui le particelle rivelate attraversano i contatori, a causa della differenza dei tempi di transito della luce dai diversi punti dello scintillatore al catodo del fotomoltiplicatore.

Tale difficoltà è stata tuttavia superata da diversi sperimentatori⁽¹⁾ utilizzando più fotomoltiplicatori per ciascun contatore, e correndo opportunamente le uscite.

In questa nota descriviamo una variante di tale metodo, in cui si fa uso di un sistema di circuiti elettronici rapidi, permettendo di rivelare coincidenze, anche di ordine elevato, fra contatori di grandi dimensioni, con poteri risolutivi di pochi nanosecondi, e ritardi sufficientemente corti da consentire il comando di camere a scintilla.

Nelle prove eseguite in laboratorio si sono ottenuti, con contatori di dimensioni 30 x 60 cm², poteri risolutivi di 3 nsec. La velocità di propagazione della luce nello scintillatore usato è stata misurata utilizzando un convertitore tempo-ampiezza con un analizzatore multicanale. Si è trovato un valore di 12 cm/nsec. Perciò nei contatori usati la massima differenza dei tempi di transito della luce è di 5 nsec.

(x) - Istituto di Fisica dell'Università di Roma e INFN, Sezione di Roma.

DESCRIZIONE DEL METODO -

Consideriamo un contatore di forma rettangolare allungata e supponiamo di raccogliere la luce di scintillazione ad entrambe le estremità con due guide di luce A e B ciascuna connessa ad un fotomoltiplicatore rapido.

Nelle prove sperimentali descritte in questa nota si sono usati in realtà due contatori uguali e sovrapposti, di dimensioni $30 \times 60 \text{ cm}^2$, con le guide di luce A e B in posizioni opposte, come è mostrato in fig. 1.

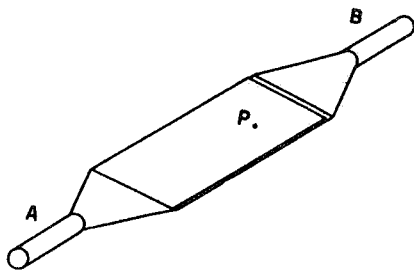


FIG. 1

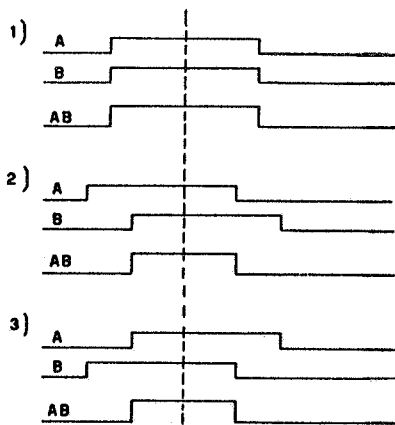


FIG. 2

I fotomoltiplicatori usati erano Philips 56AVP.

Consideriamo adesso gli impulsi (formati da discriminatori) dei due fotomoltiplicatori e la loro sovrapposizione AB, quando una particella carica attraversa gli scintillatori in un punto P.

E' facile mostrare (vedi fig. 2) che, al variare di P da un estremo all'altro del contatore, il fronte dell'impulso di sovrapposizione AB varia corrispondentemente alla variazione del tempo di transito della luce di scintillazione, mentre il centro della sovrapposizione AB rimane costante.

Da ciò risulta che se si vogliono mettere in coincidenza vari elementi simili al sistema di contatori AB, conviene, per liberarsi del jitter, utilizzare gli impulsi che siano vincolati con ritardo costante al centro della sovrapposizione AB.

Un semplice metodo per individuare elettricamente il centro di un impulso di corrente di ampiezza costante, ma di durata variabile, è il seguente. Supponiamo di disporre di due sorgenti sincrone di questi impulsi; la prima positiva di ampiezza $i/2$ e la seconda negativa di ampiezza i . L'impulso negativo venga ora ritardato del tempo T costante rispetto all'impulso positivo, e sia τ la loro comune durata; con i due impulsi preventivamente mescolati si carichi quindi un condensatore di capacità C .

Fissiamo l'origine dei tempi al centro del primo impulso; la differenza di potenziale ai capi del condensatore durante l'arrivo di tale im-

pulso sarà $i(t + \tau/2)/2C$.

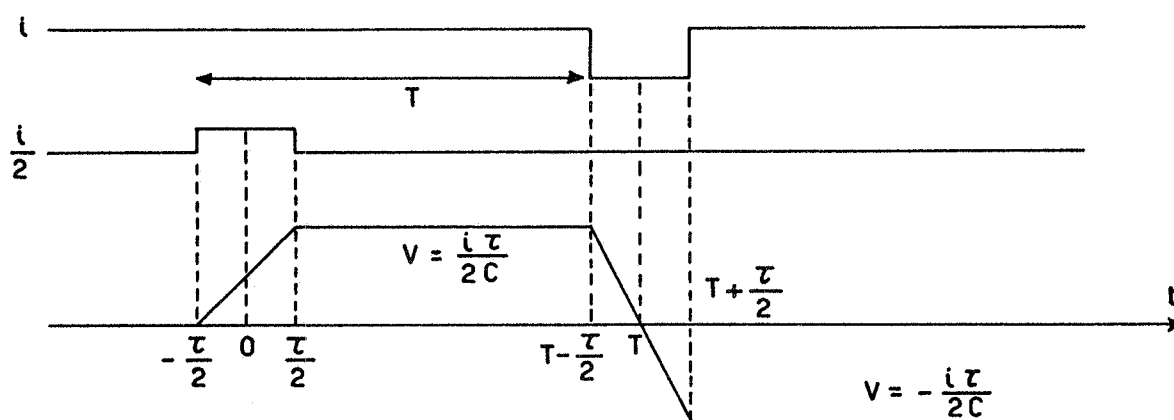


FIG. 3

Se la costante di tempo del circuito è tale che il condensatore non si scarica apprezzabilmente, mantenendosi al potenziale $i \tau/2C$, fino all'istante $T - \tau/2$ in cui arriva il fronte del secondo impulso (vedi fig. 3), la differenza di potenziale ai capi del condensatore si può scrivere:

$$V = i \tau/2C - i(t - (T - \tau/2))/C = i(T - t)/C$$

Come si può osservare V è indipendente da τ e assume il valore zero per $t = T$. Qualsiasi valore del potenziale V compreso fra $-i \tau/2C$ e $+i \tau/2C$ è raggiunto con un ritardo costante rispetto al centro dell'impulso di partenza AB.

Un discriminatore, avente in ingresso l'impulso integrato, darebbe una uscita con ritardo costante rispetto al centro della sovrapposizione AB.

Si noti che l'impulso di sovrapposizione si ottiene automaticamente usando una coincidenza in "real time" fra gli impulsi A e B.

DISPOSITIVO SPERIMENTALE E MISURE -

Il metodo descritto è stato realizzato e sperimentato mettendo in coincidenza due coppie di contatori AB e CD $30 \times 60 \text{ cm}^2$ con una apparecchiatura elettronica^(x) di cui è dato lo schema a blocchi in fig. 4.

Le due aree tratteggiate "blocco 1" e "blocco 2", mostrate in figura, assolvono la funzione di fornire un segnale correlato al baricentro degli impulsi della coincidenza.

(x) - Elettronica E. G. & G.

4.

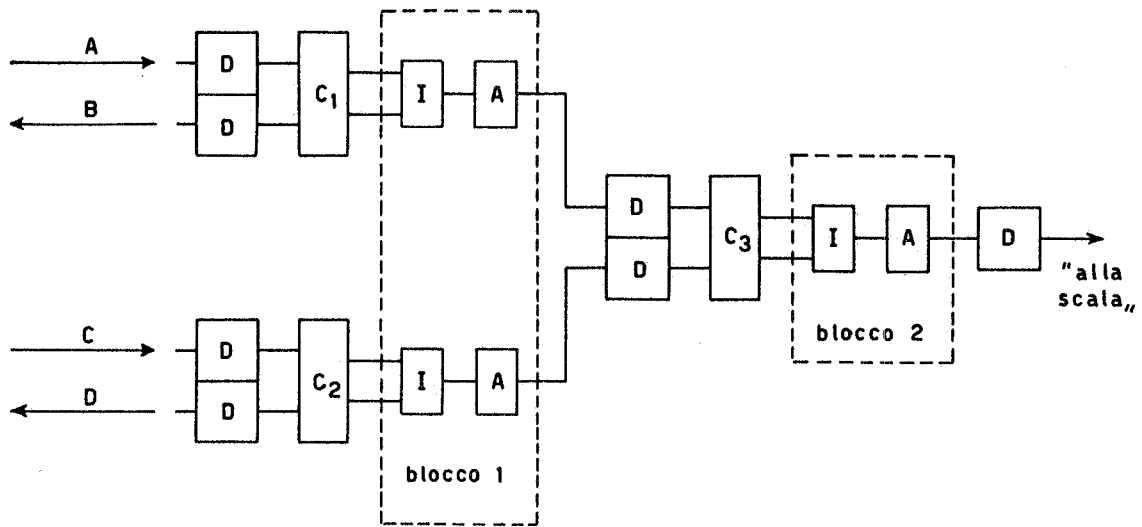


FIG. 4

I quadratini denominati D, C e A hanno il significato di discriminatori, coincidenze e amplificatori, mentre quelli denominati I stanno ad indicare il circuito mescolatore e integratore mostrato in fig. 5a.

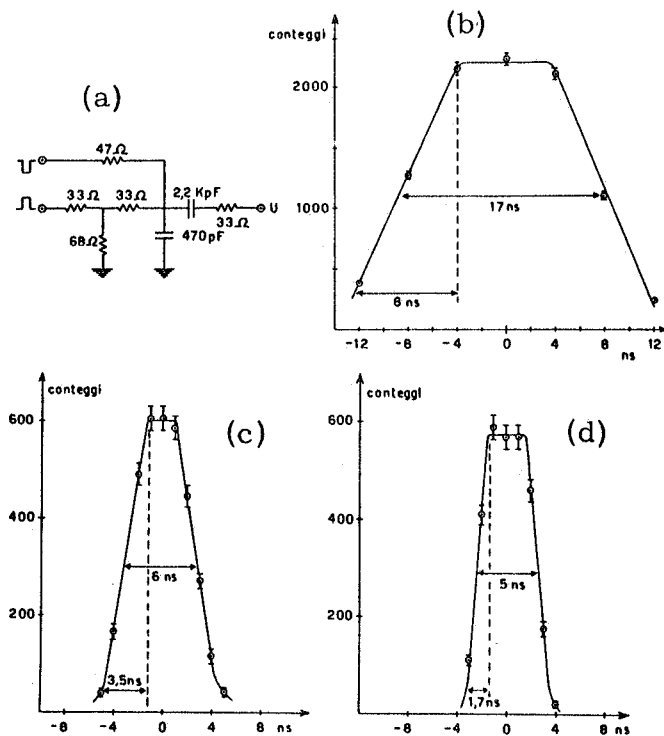


FIG. 5

Riferendoci a quanto si è detto nel paragrafo precedente, è facile rendersi conto che nel caso dei nostri contatori il jitter fra A e B è di 5 nsec, mentre il jitter fra i fronti di AB e CD è di 2.5 nsec.

Poichè i fronti di salita delle curve di timing dipendono dal jitter degli impulsi in coincidenza, ci si aspetta un diverso fronte di salita fra il timing su C1 e il timing su C3, escludendo il "blocco 1" e il "blocco 2".

Le curve di timing trovate sperimentalmente (vedi fig. 5b e 5c) mostrano effettivamente che il fronte di salita sulla coincidenza CI è doppio di quello della coincidenza C3. (Si deve notare che la durata del timing non è importante in queste considerazioni ed è fissata solamente dalla lunghezza dei cavi formatori usati).

L'inserimento del "blocco I" mostra di ridurre effettivamente il jitter su C3; infatti il fronte di salita del timing passa da 3,5 nsec a 1,5 nsec (vedi fig. 5d).

Non si deve credere che il "blocco I" annulli completamente il jitter sulla coincidenza: certamente rimane un jitter residuo. La causa di ciò va ricercata nei tempi di salita non completamente trascurabili degli impulsi usati, oltre che nel jitter dei fotomoltiplicatori.

Il jitter residuo si è potuto stimare dell'ordine di 0,5 nsec per mezzo di una curva di calibrazione del jitter in funzione della soglia del discriminatore (vedi fig. 6a).

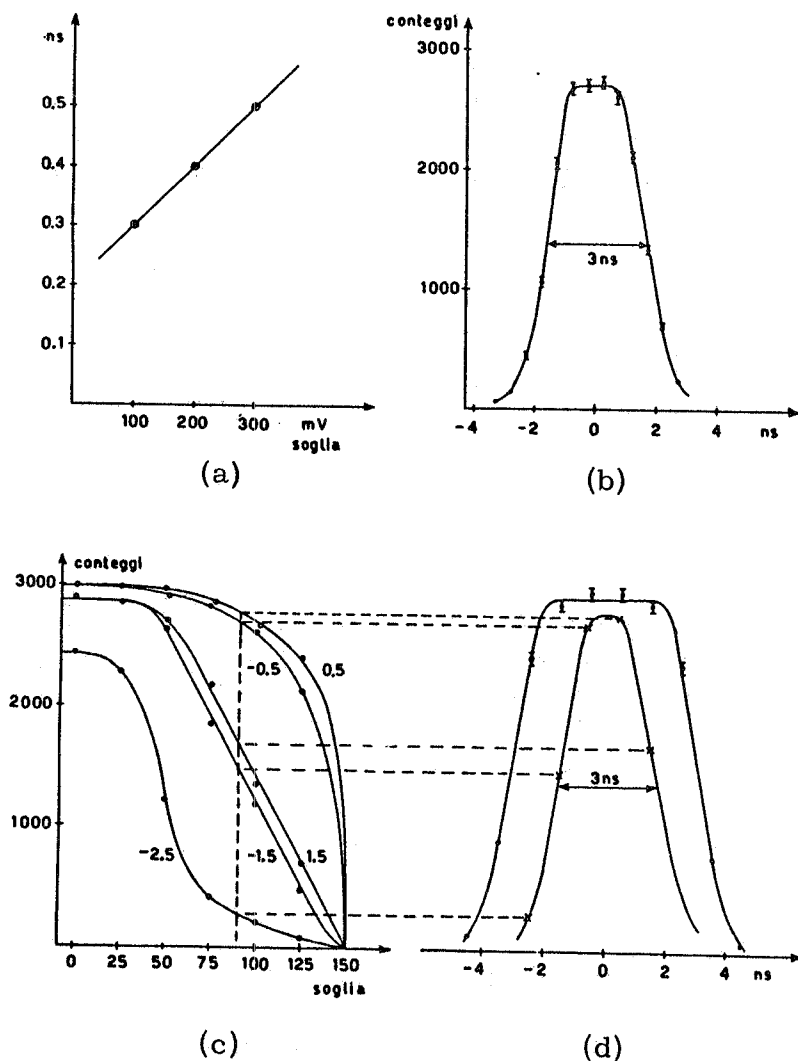


FIG. 6

La curva di calibrazione è stata fatta preventivamente sulla stessa catena usando l'impulsatore e un oscilloscopio sampling.

Per realizzare in pratica delle curve di coincidenza molto strette, si può trarre vantaggio sia dal fatto che l'elettronica è "real time", sia dal fatto che l'ampiezza dell'uscita dell'integratore è proporzionale alla durata dell'impulso di coincidenza ($V = -i \tau / 2C$).

Un ritardo fra i due impulsi di coincidenza si traduce in una diminuzione di τ e quindi in una diminuzione dell'ampiezza dell'impulso integrato.

Usando questo metodo con il "blocco 2" si possono fare curve di discriminazione in funzione di vari ritardi degli impulsi in coincidenza, vedi fig. 6c.

La caratteristica di queste curve di discriminazione è un plateau iniziale e poi una brusca discesa. All'aumentare del jitter la zona di plateau diminuisce e le discese si fanno più lente.

Più il jitter è piccolo, più facilmente è possibile trovare un valore S della soglia tale che per la curva a ritardo zero incida sul plateau e che per le ritardate corrispondano valori i più bassi possibili. Il timing corrispondente a queste condizioni risulta naturalmente molto stretto.

Le figure 6c e 6d mostrano come si costruisce il potere risolutivo dalle curve di discriminazione per un prefissato valore S della soglia.

Nel nostro dispositivo è stato possibile trovare un valore di soglia a cui corrisponde un potere risolutivo di 3 nsec, come mostra la curva di timing di fig. 6b.

Gli autori desiderano ringraziare il Dr. Barbiellini e il Dr. Matone per le utili discussioni sui vari aspetti del problema e il Sig. Ubaldini per la pregevole prestazione tecnica.

Desideriamo inoltre ringraziare il Prof. Zichichi per averci gentilmente prestato l'elettronica E. G. & G.

BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - G. Charpak, L. Dick and L. Feuvrais, Nucl. Instr. and Meth. 15, 323 (1962);
- C. Ward, A. Berick, E. Tagliaferri and C. York, Nucl. Instr. and Meth. 30, 61 (1964).