

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sezione di Genova

INFN/BE-83/2
30 Maggio 1983

E. Durante a A. Zucchiatti: GENERATORE DI IMPULSI PER
IL CONTROLLO AUTOMATIZZATO DELLA STABILITA' DI
CATENE ELETTRONICHE ASSOCIATE A TELESCOPI E - dE/dx
DI CONTATORI A SCINTILLAZIONE

269

E. Durante e A. Zucchiatti: GENERATORE DI IMPULSI PER IL CONTROLLO
AUTOMATIZZATO DELLA STABILITA' DI CATENE ELETTRONICHE
ASSOCIATE A TELESCOPI E - dE/dx DI CONTATORI A SCINTILLAZIONE

1. - INTRODUZIONE

La sezione d'urto di fotodisintegrazione del deuterio ad energie di fotone da 100 a 250 MeV è stata oggetto di studio presso il LEALE ai Laboratori Nazionali di Frascati, dove si è fatto uso del fascio di fotoni quasi monocromatici⁽¹⁾ ottenuto dall'annichilazione in volo di positroni su idrogeno liquido.

L'apparato di rivelazione⁽²⁾ è costituito da un gruppo di cinque telescopi di contatori a scintillazione E-dE/dx (Ioduro di Sodio $\phi = 10$ cm, h = 12 cm per il contatore E; NE110 150x150x3 mm per il contatore dE/dx) per la raccolta simultanea ad angoli da 32.5 a 130 gradi, dei protoni emessi nella fotodisintegrazione del deuterio. In ciascuna delle cinque catene elettroniche associate agli scintillatori (Fig. 1), peraltro assai simili tra loro, i segnali di anodo del contatore dE/dx e quelli del contatore E, opportunamente riformati a cavo⁽³⁾ per evitare impilamenti, vengono splittati da un divisore a 50 Ohm che ne invia una parte al ramo di coincidenza della catena e una parte all'analisi lineare.

La temporizzazione dei segnali E, che dopo la formazione a cavo hanno durate attorno a 120 nsec, è ottenuta attraverso un Timing Filter Amplifier ed un Constant Fraction Discriminator che assicurano una miglior risoluzione temporale in un range dinamico ampio quale quello degli impulsi di protone (Range energetico dello spettro fino a 30-160 MeV). La temporizzazione dei segnali dE, che hanno durata attorno ai

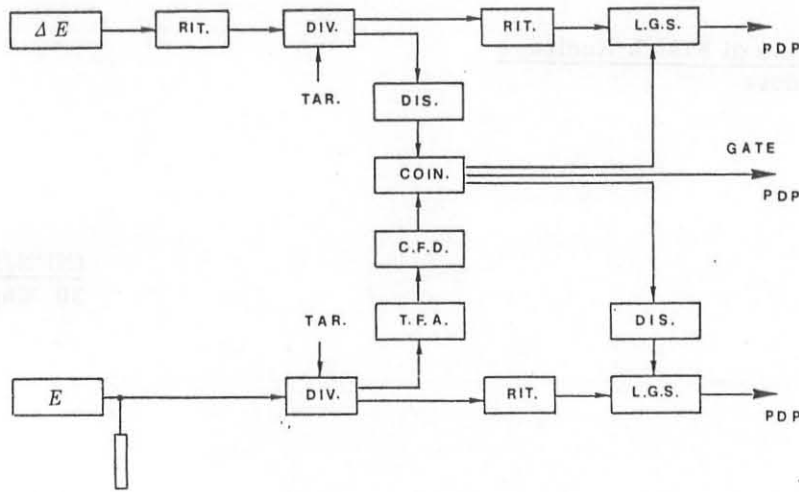


FIG. 1 - Schema a blocchi delle catene elettroniche associate ai telescopi E - dE/dx.

15 nsec e range dinamico minore, è effettuata invece da discriminatori Leading Edge. Gli impulsi di coincidenza (tempo risolutivo 20-25 nsec FWHM), opportunamente riformati, abilitano due Linear Gate and Stretcher che integrano la carica raccolta fornendo segnali di 3 μ sec e di altezza proporzionale all'energia E depositata nello Ioduro di Sodio e a quella dE depositata nello scintillatore plastico.

Questi impulsi vengono inviati, assieme ai trigger di coincidenza, alla catena CAMAC interfacciata col calcolatore PDP15-76 di esperienza che li analizza on-line producendo tra l'altro un display bidimensionale (Fig. 2a) che permette di isolare il

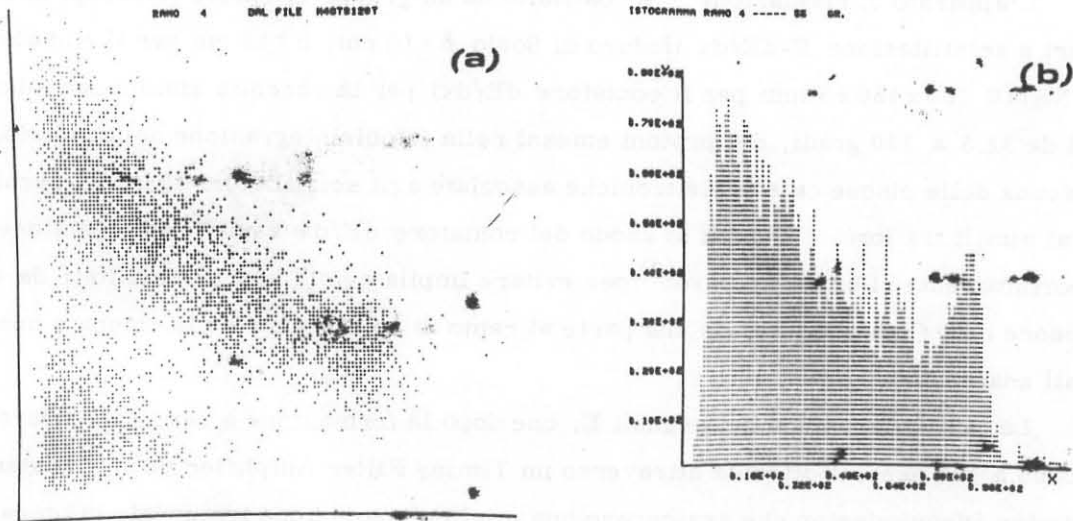


FIG. 2 - (a) Display bidimensionale E - dE/dx degli eventi registrati; la fascia superiore è quella degli eventi di protone. (b) Spettro energetico relativo ai soli protoni.

contribuito dovuto ai soli protoni (Fig. 2b). Ogni evento è codificato e memorizzato su nastro magnetico ed è generalmente richiamato off-line per il processo definitivo di analisi che comprende la ricostruzione del display bidimensionale $E - dE/dx$, la corretta definizione della regione occupata dai protoni e la ricostruzione del loro spettro energetico.

Nel picco dei protoni monoenergetici, dovuto alla cinematica a due corpi della reazione $D(\gamma, p)n$, sono contenuti non solo l'informazione sulla sezione d'urto ma anche gli effetti delle dimensioni finite del fascio e della target, di scattering multiplo e distribuzione di perdita d'energia nei mezzi attraversati prima dell'arresto in NaI nonché gli effetti di raccolta di luce nello scintillatore. Possono altresì essere presenti fluttuazioni di guadagno dei fototubi, controllati con una sorgente di Am-Be, o delle catene elettroniche che, al contrario degli altri processi (responsabili anch'essi di un allargamento del picco nello spettro energetico dei protoni), non possono essere correttamente valutate in funzione delle grandezze in gioco nell'esperimento (spessore della target, dimensioni dei collimatori, ...) in quanto non dipendono da queste ma hanno un andamento temporale non prevedibile a priori.

Il controllo della stabilità delle catene elettroniche è stato pertanto affrontato ponendosi nell'ottica della memorizzazione automatizzata on-line delle loro condizioni di guadagno ricavate a periodi di tempo prefissati con l'elaborazione di impulsi provenienti da un generatore progettato ad hoc e della correzione per eventuali fluttuazioni nella fase off-line di ricostruzione degli spettri energetici dei fotoprotoni emessi. E' chiaro che il requisito principale degli impulsi forniti dal generatore è di avere altezze confrontabili con quelle degli impulsi di fototubo, per poter superare le soglie dei discriminatori dei rami E e dE (Fig. 1) che fissano le energie minime analizzate nei due rami, e durata confrontabile se non minore rispetto a quelle degli impulsi reali per evitare di saturare in carica i rispettivi LGS che risultano lineari nel range da 3 a 100 pC.

2. - CARATTERISTICHE GENERALI DEL GENERATORE D'IMPULSI

Il generatore di impulsi è pilotato da un segnale di trigger proveniente dal computer PDP15-76 e fornisce per ciascuna delle cinque catene:

- a) Una prima coppia di impulsi lineari in coincidenza uno per il ramo E l'altro per il ramo dE , con caratteristiche temporali uguali per tutte le catene e simili a quelle dei relativi impulsi di fototubo (80-120 nsec per gli E ; 20-40 nsec per i dE) e di altezza regolabile indipendentemente, i quali produrranno segnali di altezza E_1 e

dE1 sui rispettivi Linear Gate and Stretcher.

- b) Una seconda coppia di impulsi in coincidenza analoghi ai precedenti ma con regolazione dei tempi e delle altezze indipendenti da quelle della prima coppia e ritardati rispetto ai segnali in a) del tempo necessario al computer per l'analisi on-line dalla conversione ADC alla memorizzazione su nastro (tipicamente 2-3 msec). Gli impulsi risultanti dai LGS saranno rispettivamente E2 e dE2.
- c) Per ciascuna coppia il segnale di trigger analogo a quello di fascio che abilita le catene elettroniche all'analisi.

Ciascun segnale delle coppie E - dE/dx sarà poi partitorizzato resistivamente all'uscita del generatore; una parte di esso andrà alle catene ed una parte agli ADC CAMAC per l'analisi in carica che produrrà segnali Q(E1) e Q(dE1) nonchè Q(E2) Q(dE2) in corrispondenza di ciascuna coppia. La risposta di una singola catena è allora espressa dalle relazioni:

$$\begin{aligned} E1 &= a(E) \cdot Q(E1) + b(E) & dE1 &= a(dE) \cdot Q(dE1) + b(dE) \\ E2 &= a(E) \cdot Q(E2) + b(E) & dE2 &= a(dE) \cdot Q(dE2) + b(dE) \end{aligned}$$

che permettono di ricavare i parametri caratteristici dei gate lineari, ossia la pendenza 'a' ed il termine noto 'b' della retta tensione carica; di seguirne l'andamento nel tempo e di correggere off-line per eventuali variazioni. In particolare il generatore può essere pilotato con impulsi di trigger (frequenza massima 10 Hz per esigenze di computer) non provenienti dal ciclo di taratura impostato dal programma di raccolta dati. Le coppie (E1, dE1) (E2, dE2) saranno presentate nel display bidimensionale come qualunque altra coppia di segnali provenienti da un evento fisico permettendo di visualizzare la situazione delle catene.

3. - DESCRIZIONE E PRESTAZIONI DEL CIRCUITO

Lo schema a blocchi del circuito è mostrato in Fig. 3. Il segnale positivo di trigger di durata pari a 7 μ sec, tempi di salita e discesa di 1 μ sec, e altezza 10 V su 50 Ohm viene convertito in un segnale TTL da una serie di porte AND (mod. 7408). Il segnale ottenuto viene elaborato per fornire una coppia di impulsi di timing separati tra loro da un ritardo variabile - Tc - che dovrà essere fissato ad un valore maggiore del tempo necessario al computer per l'analisi logica e lineare di un evento fisico fino alla memorizzazione su nastro. Il segnale di AND è inviato (Fig. 4a) ad un multivibratore monostabile (mod. 74123) che fornisce segnali di durata - Tc - :

$$Tc \text{ (nsec)} = 0,25 \cdot R_{ext} \text{ (KOhm)} \cdot C_{ext} \text{ (pF)} \cdot (1 + 0,7/R_{ext}) .$$

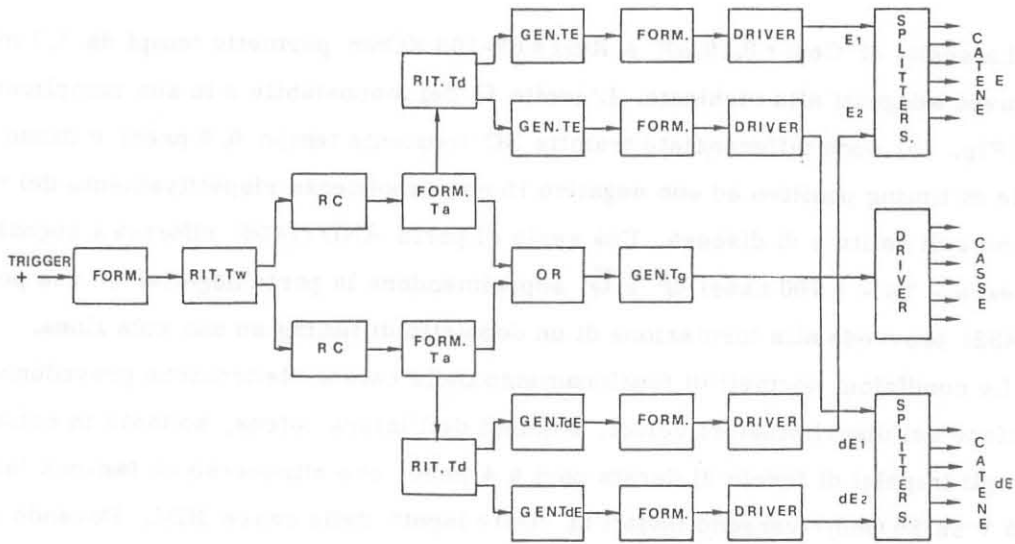


FIG. 3 - Schema a blocchi del generatore di doppietti di impulsi.

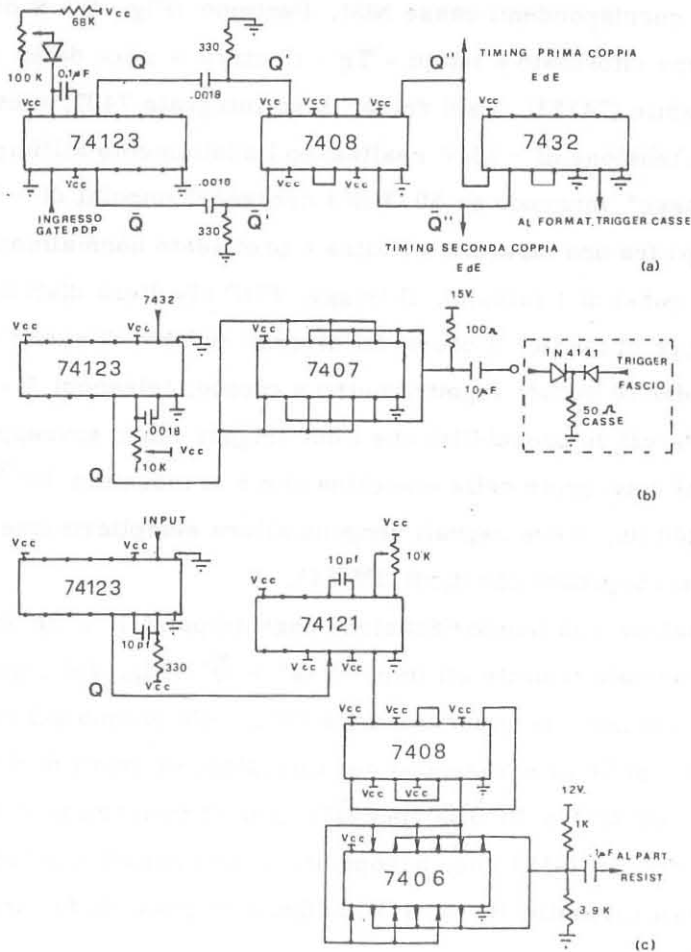


FIG. 4 - (a) Temporizzazione per il primo e secondo impulso del doppietto; (b) Formazione del Gate Casse; (c) Formazione della larghezza di un impulso lineare E o dE.

La scelta di $C_{ext} = 0,10 \mu F$ e $R_{ext} = 68-168 K\Omega$ permette tempi da 1,7 msec a 4,2 msec adeguati alla richiesta. L'uscita Q del monostabile e la sua complementare \bar{Q} (Fig. 4a) sono differenziate tramite RC (costante tempo 0,6 psec) e danno un segnale di timing positivo ed uno negativo in corrispondenza rispettivamente del relativo fronte di salita e di discesa. Una serie di porte AND (7408) riforma i segnali (larghezza - T_a - = 700 nsec) Q' e \bar{Q}' sopprimendone la parte negativa ed una porta OR (7432) provvede alla formazione di un doppietto di timing su una sola linea.

Le condizioni normali di funzionamento delle catene elettroniche prevedono l'abilitazione dei discriminatori veloci, e quindi dell'intera catena, soltanto in coincidenza con gli impulsi di fascio di durata pari a $4 \mu sec$, che attraverso un fan-out (altezza 4-5 V su 50Ω) vengono inviati ai "Gate Input" delle casse NIM. Dovendo operare il sistema di taratura parallelamente a quello di raccolta dati è dunque necessario fornire alle cinque catene oltre agli impulsi in carica, anche impulsi temporizzati di gate per le corrispondenti casse NIM. Pertanto (Fig. 4b) il doppietto fornito dalla porta OR viene riformato a tempi - T_g - di circa $4 \mu sec$ da un ulteriore multivibratore monostabile (74123). I sei driver di un integrato 7407, messi in parallelo e connessi ad una tensione di +15 V realizzano l'adattamento all'impedenza di ingresso del "Gate Casse" fornendo su 50Ω i necessari impulsi di +5 V e $4 \mu sec$. L'intervallo di tempo fra una taratura e l'altra è prefissato normalmente a 10 minuti (potendo variare a passi di 1 minuto). Il trigger PDP risulterà distribuito casualmente, rispetto al trigger di fascio, a causa del diverso numero di eventi registrato prima della scadenza dei 10 minuti (spettrometro a coppie, telescopi E - dE/dx , evento buono o cattivo). Perciò la probabilità che i due trigger siano sovrapposti è trascurabile in quanto pari al duty-cycle della macchina che è al massimo 10^{-3} alla frequenza di ripetizione di 200 Hz. I due segnali vengono allora semplicemente parallelati ai 50Ω delle casse disaccoppiando con diodi 1N4141.

La formazione e la temporizzazione degli impulsi E e dE della prima e seconda coppia viene effettuata tramite gli impulsi Q'' e \bar{Q}'' (Fig. 4c) i quali allungati opportunamente fino a 100 nsec da un monostabile 74123 piloteranno sul fronte di discesa con un ritardo - T_d - di 70 nsec ciascuno due formatori variabili di durata dei segnali lineari E_1 dE_1 (per Q'') o E_2 dE_2 (per \bar{Q}''). Per la formazione è stato scelto un multivibratore monostabile 74121 che, accoppiato ad una capacità di timing C_t di 10 pF e ad una resistenza variabile R_t da 4-10 K Ω , è in grado di fornire impulsi di larghezza T_E (o T_{dE})

$$T_E \text{ (nsec)} = C_t \text{ (pF)} \cdot R_t \text{ (K}\Omega\text{)} \cdot \ln 2$$

da 30 nsec a 70 nsec, ossia in un range compatibile con quello degli impulsi di fotomoltiplicatore. L'impulso di uscita di ognuno dei quattro monostabili (74121) attraverso una serie di porte AND ed il parallelo di sei driver invertitori (7406) agganciati in uscita a +12 V e disaccoppiati in continua da una capacità di 10 μ F viene adattata all'impedenza caratteristica risultando in un impulso della durata stabilita e di altezza 10-12 V su 50 Ohm. In totale si avranno quattro impulsi negativi di larghezza scelta indipendentemente nel range da 30 nsec a 70 nsec che potranno essere ulteriormente partitorizzati e sommati a diodo (Fig. 5) per l'invio all'analisi lineare attraverso le catene elettroniche di misura.

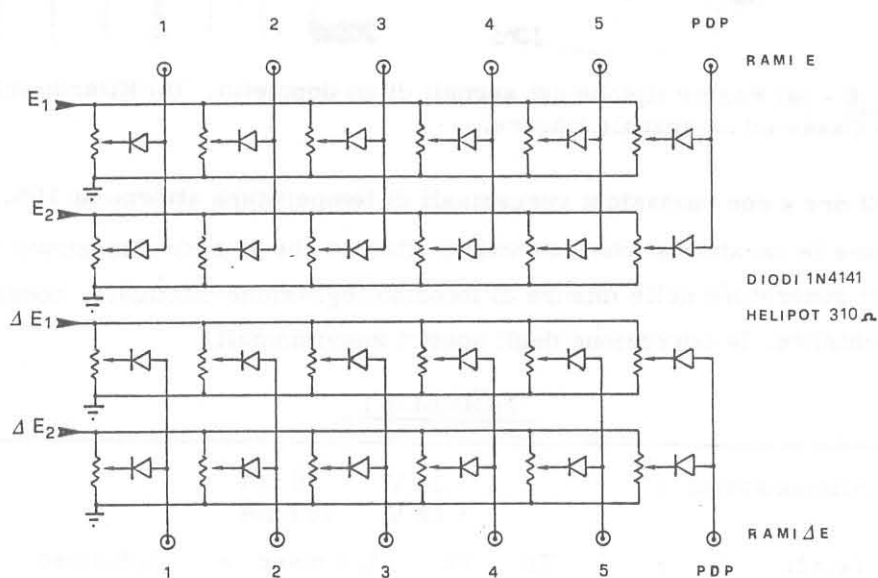


FIG. 5 - Partizione resistiva a 50 Ohm e disaccoppiamento a diodi dei quattro segnali primari da inviare alle cinque catene di misura e ad una uscita di controllo per il computer PDP.

Il circuito è stato cablato su piastra in vetroresina a bassa capacità parassita e le alimentazioni sono state disaccoppiate evitando così loop di massa. Il generatore è alloggiato in un modulo NIM ad una unità e dodici uscite BNC, ciascuna con due regolazioni trimmer per l'altezza del primo e secondo impulso del doppietto, sono inserite sul frontale. L'ingresso per il trigger PDP e l'uscita per il Gate Casse sono alloggiati sul retro del modulo con bocchettoni LEMO.

In Fig. 6a è mostrato un tipico doppietto di impulsi, mentre in Fig. 6b è mostrato il ritardo temporale fra il Gate Casse e gli impulsi lineari. Quantunque i parametri 'a' e 'b' della retta tensione-carica di ciascun gate lineare possano essere ricavati indipendentemente dai valori $Q(E1)$ $Q(E2)$ $Q(dE1)$ $Q(dE2)$, è stato comunque riscontrato per il generatore uno scarto massimo dello 1,1% fra due segnali qualsiasi nel-

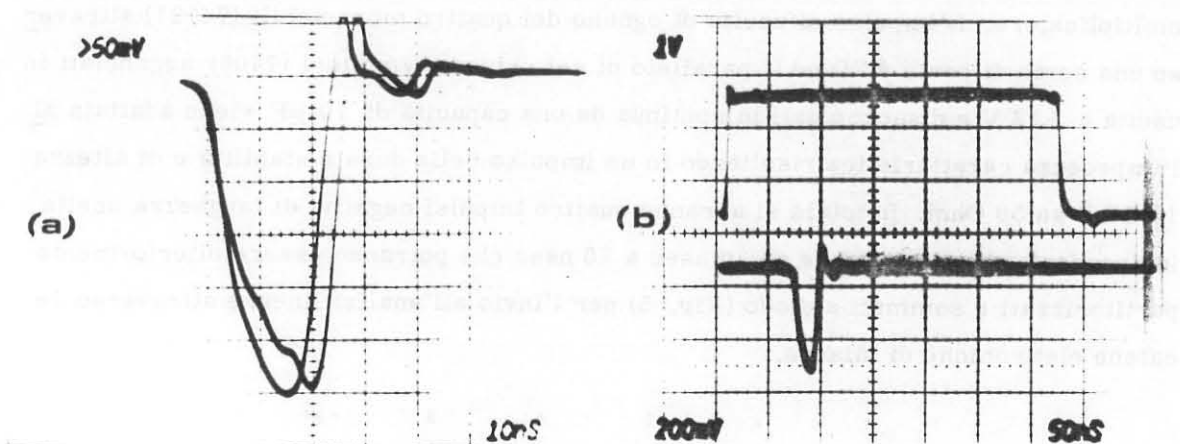


FIG. 6 - (a) Forme tipiche dei segnali di un doppietto; (b) Ritardo fra il Gate Casse ed un segnale lineare.

l'arco di 72 ore e con variazioni percentuali di temperatura attorno al 10%. La Tabella I riassume le caratteristiche essenziali ottenute che si sono dimostrate idonee allo impiego del generatore nelle misure di fotodisintegrazione effettuate, consentendo in maniera semplice, la correzione degli spettri sperimentali.

TABELLA I

Alimentazioni :		+ 24 V	80 mA
		+ 12 V	700 mA
Tempi :	Tc	da 1,5 msec	a 5,6 msec
	Ta		700 nsec
	Td		70 nsec
	Tg	da 320 nsec	a 6 μ sec
	TE	da 25 nsec	a 100 nsec (base)
	TdE	da 25 nsec	a 100 nsec (base)
Ampiezze :	VE	da 350 mV	a 4,5 V
	VdE	da 350 mV	a 4,5 V

BIBLIOGRAFIA

- (1) - M. Anghinolfi, G. P. Capitani, P. Corvisiero, E. De Sanctis, P. Di Giacomo, C. Guaraldo, G. Ricco, M. Sanzone, R. Scrimaglio and A. Zucchiatti, Frascati report LNF-82/80 (1982).
- (2) - G. P. Capitani, E. De Sanctis, P. Di Giacomo, C. Guaraldo, G. Ricco, M. Sanzone, R. Scrimaglio and A. Zucchiatti, Frascati report LNF-77/35 (1977).
- (3) - A. Zucchiatti, M. Sanzone and E. Durante, Nuclear Instr. and Meth. 129, 467 (1975).