

Presentato alla 2<sup>a</sup> Conferenza Interdisciplinare dell'INFN, Bari, 13-14 Novembre 1975

COMITATO NAZIONALE PER L'ENERGIA NUCLEARE  
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-76/30(P)  
30 Aprile 1976

G. Bologna : SISTEMA DI CONTROLLO E DI ACQUISIZIONE  
DATI IN TEMPO REALE PER LO SPETTROMETRO A COPPIE  
DELL'ELETTROSINCROTRONE DI FRASCATI DA 1 GeV.

Servizio Documentazione  
dei Laboratori Nazionali di Frascati del CNEN  
Casella Postale 70 - Frascati (Roma)

Laboratori Nazionali di Frascati  
Servizio Documentazione

LNF-76/30(P)  
30 Aprile 1976

G. Bologna : SISTEMA DI CONTROLLO E DI ACQUISIZIONE DATI IN TEMPO REALE PER LO SPETTROMETRO A COPPIE DELL'ELET-TROSINCROTRONE DI FRASCATI DA 1 GeV. -

Estratto dai :

Rendiconti della 2<sup>a</sup> Conferenza Interdisciplinare:  
Contributo delle ricerche di fisica nucleare allo  
sviluppo ed alla diffusione delle tecnologie infor-  
matiche - Bari, 13-14 Novembre 1975, editi da  
I. F. Quercia e S. Stipcich (Istituto Nazionale di  
Fisica Nucleare, Frascati, 1976).

SISTEMA DI CONTROLLO E DI ACQUISIZIONE DATI IN TEMPO REALE PER LO SPETTROMETRO  
A COPPIE DELL'ELETTROSINCROTRONE DI FRASCATI DA 1 GeV.

G. Bologna  
Laboratori Nazionali di Frascati,

Nella presente comunicazione ci si propone di mostrare, su un esempio specifico, che le tecnologie informatiche possono servire per potenziare le prestazioni di dispositivi sperimentali inizialmente previsti solo per la gestione manuale dei dati prodotti.

Si ricorderà brevemente il principio di funzionamento di un spettrometro magnetico a coppie  $e^+ - e^-$ , già diffusamente descritto in altro lavoro<sup>(1)</sup>, e si descriverà il sistema di interfacciamento con un elaboratore digitale di dati, che è stato recentemente aggiunto per consentire l'impiego dello strumento in esperimenti dove la gestione manuale dei dati sarebbe impossibile a causa della loro grande mole. Tutto il sistema serve per misurare e controllare in tempo reale lo spettro energetico del fascio di raggi  $\gamma$  prodotto dall'elettrosincrotrone di Frascati da 1 GeV, ed è stato recentemente usato in un esperimento di fissione dei fotoni quasi monocromatici<sup>(2)</sup>.

Nella parte superiore di fig. 1 è rappresentato schematicamente lo strumento. Il fascio di raggi  $\gamma$  colpisce un sottile convertitore nel quale i fotoni si materializzano in coppie di elettroni e positroni, i quali vengono deviati da parte opposta in un campo magnetico perpendicolare al piano della figura. Le coppie poi escono all'esterno della zona dove è presente il campo magnetico, proseguendo in linea retta ed attraversando due telescopi ( $A_1, A_2$ ) ed ( $A_3, A_4$ ) di contatori a scintillazione, connessi a fototubi. Il fascio  $\gamma$  invece prosegue pressochè imperturbato. La dose dei raggi  $\gamma$  viene misurata da un quantmetro Q, cioè sostanzialmente da una spessa camera ad ionizzazione dove il fascio  $\gamma$  deposita la sua energia. Il sistema di rivelazione è rappresentato nella parte inferiore di fig. 1.

Senza andare nei dettagli possiamo dire che, conoscendo la posizione dei contatori e il campo magnetico (e cioè la corrente di alimentazione), si può risalire all'energia del fotone che ha generato una coppia  $e^+e^-$ . I segnali dei contatori, dopo opportuna discriminazione, vengono coincisi da correnti di coincidenze, dai quali si arriva a due scale di conteggio. La scala Sp conta le coincidenze simultanee, mentre Sd conta le coincidenze ritardate, in cui cioè l'elettrotrone ed il positrone non appartengono ad una coppia generata da un ben determinato fotone, bensì a coppie diverse, generate da due distinti fotoni. Questo è il metodo tradizionale di rivelazione, e si raggiungono, nel nostro caso, tempi risolutivi delle coincidenze di  $\sim 8-10$  nsec. Però il sistema di acquisizione, che in seguito descriverò, consente di ottenere un potere risolutivo molto migliore, utilizzando seguente metodo. Le uscite dalle coincidenze sui due rami  $e^+$  ed  $e^-$  si utilizzano anchè per dare lo START e lo STOP di un convertitore tempo-ampiezza (TAC) per la misura delle differenze di tempo di volo fra i rami  $e^+$  ed  $e^-$ . Per evitare eccessivi affollamenti in questo strumento, si utilizza come gate un altro segnale di coincidenza  $e^+$  ed  $e^-$ , avendo avuto però cura di peggiorare volutamente il suo potere risolutivo fino a  $\sim 100$  nsec, mediante formazione, con discriminatori, di impulsi di durata sufficiente, inviati ad un circuito di coincidenza.

Come sarà mostrato in seguito, si possono raggiungere facilmente in questo modo tempi di risoluzione di 0.5 nsec. Il tutto però è affidato alla possibilità di acquisire digitalmente gli spettri del tempo di volo fra  $e^+$  ed  $e^-$ . Perciò l'uscita del convertitore tempo-ampiezza è connesso ad un convertitore analogico-digitale.

Completa il dispositivo sperimentale un digitizzatore di carica collegato a due scale di conteggio Sm ed S'm, mediante le quali si conta la dose dei raggi  $\gamma$ . Tutto il flusso di dati generato da questa strumentazione (eccettuato S'm) viene acquisito in tempo reale da un sistema che si sviluppa attorno ad un minielaboratore LABEN 70 dotato di una memoria di 8 K parole da 16 bit, con un ciclo di macchina di 1.3  $\mu$ sec.

Il sistema ingresso-uscita del LABEN 70 gestisce varie periferiche, fra le quali sono rivelanti in questo caso una tastiera-telescrivente (TTY), una unità di presentazione oscilloscopica (DISPLAY), ed una unità a nastro magnetico (MAG. TAPE). Inoltre vengono utilizzati tre interfacce generali di in-

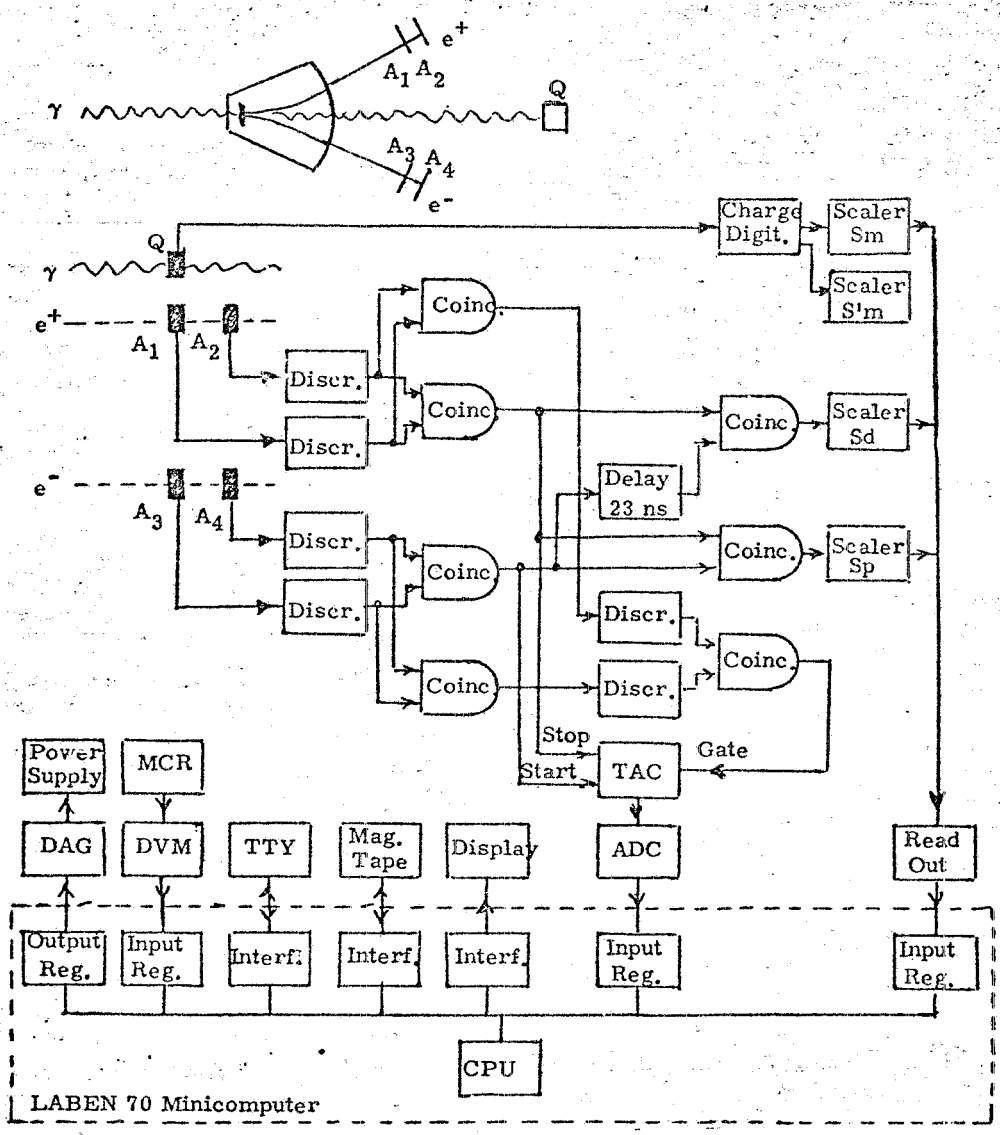


FIG. 1

gresso (INPUT REGISTER) ed una di uscita (OUTPUT REGISTER).

I registri di ingresso servono per interfacciare al calcolatore :

- a) l'unità di lettura delle scale (READ OUT);
  - b) il convertitore analogico-digitale (ADC);
  - c) un voltmetro digitale (DVM) per la misura della corrente del magnete in una resistenza campione (MCR).
- Il registro di output serve per interfacciare un convertitore digitale-analogico (DAC), che comanda direttamente l'alimentazione del magnete (POWER SUPPLY). La scala di priorità con cui le interruzioni provenienti dai vari dispositivi vengono riconosciuti dalla unità centrale di elaborazione (CPU) è stata fissata circolarmente in senso decrescente nel seguente modo: ADC, MAG, TAPE, READ OUT, DVM, DAC, TTY, DISPLAY.

Le operazioni si svolgono nel seguente modo. L'operatore imposta sulla tastiera l'energia minima, l'energia massima e l'incremento, per la misura dello spettro energetico dei  $\gamma$ . Da questo punto in poi tutto procede automaticamente fino alla fine della misura, tranne interventi eventuali dell'operatore. L'energia richiesta viene confrontata con l'energia effettiva presente (misurata dal voltmetro digitale) e, se necessario, corretta dal convertitore digitale-analogico. Questa operazione di controllo avviene tipicamente 2 volte al secondo ed è sovrapposta in tempo reale a tutte le altre del sistema. La velocità di correzione  $\Delta E/\Delta t$  dipende dalla differenza fra il valore richiesto ed il valore effettivo, in modo che automaticamente il sistema regola la propria attività correttiva si da evitare oscillazioni nel sistema di alimentazione. Quando il valore dell'energia effettiva coincide con quella richiesta entro  $\pm 0.5$  MeV (su un massimo di 1000 MeV), il calcolatore fa partire la misura, dando il via alle scale ed al convertitore analogico-digitale (che viene continuamente acquisito in sovrapposizione alle altre operazioni, con una frequenza di  $\sim 2$  KHz). Contemporaneamente si effettua il controllo ed il comando dell'energia e la presentazione sull'unità oscilloscopica dello spettro del tempo di volo, o, alternativamente, dello spettro di bremsstrahlung fino al momento acquisito. Quando viene raggiunta la dose di  $\gamma$  preimpostata sulla scala Sm si produce uno stop alle scale ed al convertitore analogico-digitale, dopodichè si procede alla lettura e stampa del contenuto delle scale Sp, Sd, Sm. A questo punto inizia l'elaborazione dati. Per le scale si effettua semplicemente la differenza Sp - Sd, che viene immediatamente stampata. Indi inizia l'elaborazione dello spettro del tempo di volo, come verrà illustrato tra breve.

Finita l'elaborazione i dati vengono stampati sulla telescrivente e scritti anche su nastro magnetico. Anche l'intero spettro del tempo di volo viene registrato sul nastro magnetico. Questa memoria di massa costituisce quindi l'archivio contenente l'informazione dettagliata di tutto l'esperimento ed è utilizzabile per eventuali elaborazioni fuori linea su calcolatori di più grossa dimensione. A questo punto viene automaticamente movimentata l'energia ed il ciclo riprende dall'inizio, fino al superamento dell'energia massima.

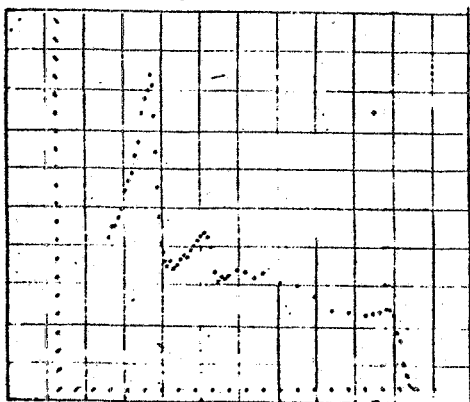


FIG. 2

In figura 2 è rappresentata l'intensità dei fotoni di bremsstrahlung in funzione dell'energia del fotone così come è stata ripresa fotograficamente dallo schermo dell'unità di presentazione (lo spettro non ha la forma standard, perchè è stato ottenuto per bremsstrahlung su un cristallo di diamante<sup>(2)</sup>).

Nelle figure 3 e 4 è rappresentato invece lo spettro del tempo di volo; la fig. 4 rappresenta la parte centrale di fig. 3 con scala orizzontale amplificata. Dalla fig. 3 risulta che tale spettro consiste di uno stretto picco, rappresentante le coppie  $e^+e^-$  aventi giusta temporizzazione, al quale è sovrimposto un fondo corrispondente a pacchetti di elettroni circolanti nell'elettrosincrotrone che precedono o seguono nel tempo. Sono gli eventi di questo fondo che devono essere sottratti dal totale e ciò è facilmente ottenibile in linea imponendo dei tagli opportuni. Il risultato di questa operazione viene stampato dalla telescrivente, in modo da avere un confronto con la meno precisa quantità Sp - Sd. La soluzione temporale del metodo, cioè la semilarghezza a



FIG. 3

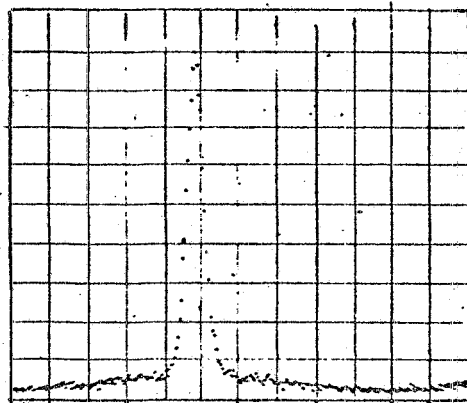


FIG. 4

metà altezza del picco di figg. 3 e 4 è, come già detto, di 0,5 nsec. Elaborazioni più raffinate sono state fatte per prova anche fuori linea, prelevando i dati dal nastro magnetico e facendo un best fit ai minimi quadrati non lineari, con funzioni che approssimano il picco ed il fondo. I risultati delle due elaborazioni in linea e fuori linea hanno però dato risultati coincidenti, per cui si è stimato sufficiente affettuare solo la più immediata elaborazione in linea.

Associata a tutta l'attività "hardware" di interfacciamento del minielaboratore allo strumento preesistente, vi è stata un'attività di sistemi "software", perchè il calcolatore non era dotato di sistema operativo in tempo reale. Senza entrare in dettagli, si può dire che particolare cura si è dovuta porre nella costruzione di un piccolo sistema delicato comprendente routines rientranti per la gestione in sovrapposizione delle quattro periferiche ADC, DVM, DAC, DISPLAY, mentre per la TTY ed il MAG.TAPE si sono potute utilizzare le routines del sistema fornito dalla casa costruttrice.

#### BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - G. Bologna, G. Diambri, R. Toschi, A. S. Figuera, U. Pellegrini, B. Rispoli and A. Serra, Nuclear Instr. 12, 263 (1961).
- (2) - G. Bologna, V. Emma, A. S. Figuera, S. Lo Nigro and C. Milone, Phys. Letters 52B, 192 (1974).