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

Estratto dai:

SISTEMA DI CONTROLLO E DI ACQUISTAZIONE DATI IN TEMPO REALE PER LO SPETTROMETRO A COPPIE DELL'ELETTROSCINTROTRONE 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 lavoro¹, e si descriverà il sistema di interfacciamento con un elaboratore digitale di dati, che è stato recentemente aggiunto per consentire l'impiego dell'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 γ prodotto dall'elettroscintrotrone di Frascati da 1 GeV, ed è stato recentemente usato in un esperimento di fissione dei fotoni quasi monocromatici².

Nella parte superiore di fig. 1 è rappresentato schematizzamente lo strumento. Il fascio di raggi γ 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 escano all'esterno della zona dove è presente il campo magnetico, proseguendo in linea retta ad attraversando due telescopi (A₁, A₂) ed (A₃, A₄) di contatori a scintillazione, connessi a fototubi. Il fascio γ invece prosegue pressoché imperburbato. La dose dei raggi γ viene misurata da un quantometro Q, cioè sostanzialmente da una spessa camera ad ionizzazione dove il fascio γ 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 coinvolti 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'elettrone 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 ~ 8-10 nsec. Però il sistema di acquisizione, che in seguito descriverò, consente di ottenere un potere risolutivo molto migliore, utilizzando un sistema di conteggio TAC per la misura delle differenze di tempo di volo fra i raggi 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 ~ 100 nsec, mediante formazione, con discriminatori, di impuls 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 γ. 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 minilaboratore LABEN 70 dotato di una memoria di 8 K parole da 16 bit, con un ciclo di macchina di 1,3 µsec.

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

Il registro di output serve per interfacciare un convertitore digitale-analogico (DAC), che comanda direttamente l'alimentazione del magnetone (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 del $\gamma$. 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 realle 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 oscillografica 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 $\gamma$ la $\gamma$ si produce uno stop alle scale ed al convertitore analogico-digitale, dopodiché si procede alla lettura e stampa del contenuto delle scale $\gamma$, $\delta$, $\delta$ m. A questo punto inizia l'elaborazione dati. Per le scale si effettua semplicemente la differenza $\gamma - \delta$, che viene immediatamente stampata. Indi inizia l'elaborazione dello spettro del tempo di volo, come verrà illustrato tra breve.


In figura 2 è rappresentata l'intensità del foto di bremsstrahlung in funzione dell'energia del fotone così come è stata ripresa fotograficamente dal lo schermo dell'unità di presentazione (lo spettro non ha la forma standard, perché è stato ottenuto per bremsstrahlung su un cristallo di diamante).

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 sovrapposto un fondo corrispondente a pacchetti di elettroni circolanti nell'elettroscritto, 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 $\gamma - \delta$. La soluzione temporale del metodo, cioè la semilarghezza a
metà altezza del picco di figg. 3 e 4 è, come già detto, di 0,5 msec. 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 effettuare 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", perché 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 dedicato 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,