

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione di Napoli

INFN/AE-75/3
16 Aprile 1975

E. Drago: MISURA CON COORDINATOMETRI COLLEGATI IN LINEA
CON UN CALCOLATORE PDP-15 DELLO SPETTRO DEL FASCIO
GAMMA UTILIZZATO PER UN ESPERIMENTO CON UNA CAMERA
A BOLLE A DEUTERIO. -

1. - INTRODUZIONE. -

Scopo del presente lavoro è la descrizione di un metodo per la misura completa, on-line con un calcolatore DIGITAL PDP-15, dello spettro del fascio gamma di bremsstrahlung indurito, utilizzato per un esperimento di fotoproduzione di pioni in camera a bolle a deutério, condotto presso l'elettrosincrotrone da 1 GeV dei Laboratori Nazionali del CNEN di Frascati.

Nella prassi normale lo spettro di fasci gamma usati in esperimenti con camere a bolle viene determinato a partire dalla misura dell'energia di un grande numero (tipicamente alcune decine di migliaia) di coppie e^+e^- , operata con il procedimento solito con cui vengono processati eventi di camera a bolle e, cioè, misurando prima le coordinate di un certo numero di punti sulle tracce fotografate in due o più viste diverse ed effettuando, successivamente, off-line la ricostruzione geometrica e cinematica degli eventi con programmi standard.

La ricostruzione off-line degli eventi di coppie e^+e^- dà luogo, come accade per ogni altro caso, ad una certa percentuale di rigetti, tanto più grande quanto più strette sono le tolleranze imposte alle misure.

Trattandosi della determinazione dell'andamento di uno spettro non dovrebbe essere necessario rimisurare gli eventi rigettati, per cui tali rigetti dovrebbero unicamente causare un aumento del numero di misure da eseguire e una perdita di tempo di calcolo; in realtà, occorre adotta-

2.

re una certa cautela ed eseguire un certo numero di controlli per assicurarsi che i rigetti non si abbiano, generalmente, per particolari categorie di eventi, con possibili "bias" nel risultato della misura dello spettro.

Potendo usufruire di coordinatometri collegati in linea con un calcolatore, è stato messo a punto un metodo di misura dello spettro gamma che offre, rispetto al precedente, i seguenti vantaggi:

- a) Sfrutta la possibilità offerta dalla particolare topologia degli eventi di eseguire le misure su una sola vista, con una notevole riduzione del tempo di misura (circa un fattore 5);
- b) Permette il controllo delle misure in tempo reale, portando all'eliminazione dei rigetti, con una ulteriore riduzione del tempo di misura, e ad una maggiore precisione delle misure stesse;
- c) Porta ad una semplificazione di tutto il processo di elaborazione delle misure perchè il calcolatore in linea, oltre all'acquisizione e al controllo preliminare delle misure fatte con il coordinatometro, esegue, evento per evento, sia la ricostruzione geometrica che cinematica.

Nel seguito viene data, prima, una descrizione dell'apparato di misura e della organizzazione della misura stessa (paragrafo 2), quindi è descritto il programma di acquisizione ed elaborazione dei dati (par. 3); infine, sono descritti in dettaglio i vari controlli effettuati sulle misure (par. 4) e si conclude con i risultati ottenuti (par. 5).

In Appendice sono riportate alcune note sulla ricostruzione geometrica dei punti misurati (App. 1) e le liste dei device handlers per il mangiaspago e la teletype ASR33 (App. 2), insieme con una breve descrizione delle principali funzioni svolte dall'handler del mangiaspago.

2. - APPARATO DI MISURA E ORGANIZZAZIONE DELLA MISURA. -

La camera a bolle utilizzata per l'esperimento di fotoproduzione è di forma cilindrica del diametro di 30 cm e altezza 15 cm; essa è immersa in un campo magnetico praticamente uniforme di 17 KGauss, diretto lungo l'asse della camera.

Il fascio gamma di bremsstrahlung, collimato ed indurito mediante il passaggio attraverso un paio di lunghezze di radiazione di politene, passa nel piano mediano della camera perpendicolarmente all'asse della stessa e, quindi, alla direzione del campo magnetico (Fig. 1). La camera è vista da tre macchine fotografiche i cui assi ottici sono paralleli all'asse della camera.

Poichè l'angolo di apertura di una coppia e^+e^- è dell'ordine di m_e/E_γ e si è interessati a gamma di energia $E_\gamma > 100$ MeV, tale angolo può essere trascurato e si può assumere che le tracce delle coppie sia

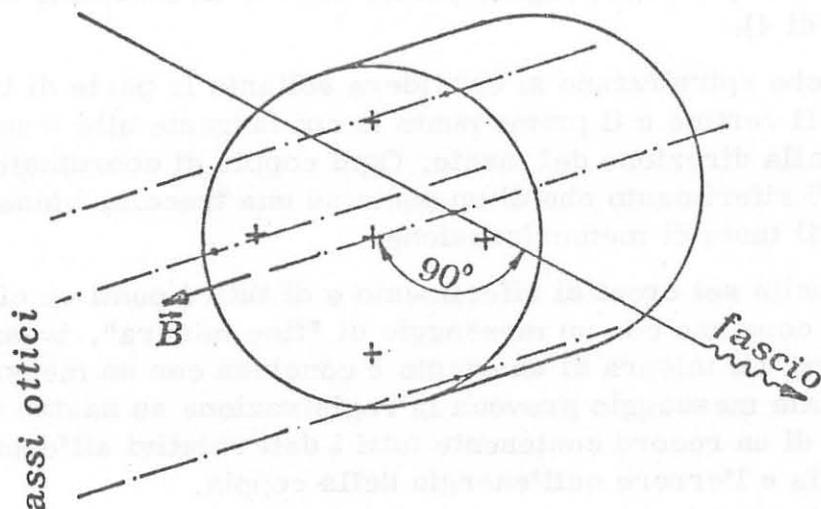


FIG. 1

no contenute nel piano mediano della camera, perpendicolare alla direzione del campo magnetico e agli assi ottici delle macchine fotografiche. Ciò ha consentito di utilizzare una sola vista per la misura e la ricostruzione delle tracce delle coppie.

Sono stati usati coordinatometri di tipo "mangiaspago", che utilizzano due contatori reversibili di cinque cifre decimali ciascuno, un display numerico e una tastiera per le comunicazioni tra il calcolatore e l'operatore e viceversa (si veda il rif. (1) per una descrizione dell'hardware del sistema).

Una teletype ASR33, adoperata per la trasmissione dei dati relativi al fotogramma (no. del rotolo, no. del fotogramma e alcuni dati riguardanti un quantmetro utilizzato per la misura del flusso totale di fotoni) e per eventuali stampe di controllo, completa l'apparato di misura.

Le comunicazioni con il calcolatore avvengono sfruttando il sistema API (Automatic Priority Interrupt). Le interruzioni in API, provocate per mezzo di uno degli otto pulsanti della tastiera, causano l'intervento della routine di servizio (si veda l'Appendice 2) con il trasferimento di una coppia di coordinate o di un codice, che viene esaminato dal programma di gestione delle misure per prendere decisioni logiche nel corso della misura e dell'elaborazione dei dati.

La misura avviene secondo uno schema rigido, articolato nelle seguenti fasi principali:

- a) Misura delle croci di riferimento (le cinque del vetro anteriore, quello, cioè, più vicino alle macchine fotografiche, e la croce centrale del vetro posteriore) in un ordine prestabilito;
- b) Misura, traccia per traccia, di ogni evento contenuto nel fotogramma in esame, in un volume di fiducia fissato; per ogni traccia vengono mi

4.

surati in media 6-7 punti (il programma ne accetta un massimo di 10 con un minimo di 4).

Per tracce che spiralizzano si considera soltanto la parte di traccia compresa tra il vertice e il primo punto la cui tangente alla traccia è perpendicolare alla direzione del fascio. Ogni coppia di coordinate, sia di una croce di riferimento che di un punto su una traccia, viene trasferita premendo il tasto di memorizzazione.

Le misure delle sei croci di riferimento e di tutti i punti su ciascuna traccia sono concluse con un messaggio di "fine misura", trasmesso tramite tastiera. La misura di un evento è conclusa con un messaggio di "fine evento"; tale messaggio provoca la registrazione su nastro magnetico DEC-tape di un record contenente tutti i dati relativi all'evento, tra i quali l'energia e l'errore sull'energia della coppia.

Un messaggio di "fine fotogramma" conclude le misure su un dato fotogramma; si passa ad esaminare, allora, il successivo, ripetendo tutte le operazioni di cui sopra.

Dal Keyboard della teletype ASR33, invece, viene trasmesso il messaggio di "fine lavoro" che provoca la chiusura del file di output sul DEC-tape, mediante la registrazione di un record fisso, preceduta da un compattamento di dati per sfruttare meglio la struttura del DEC-tape.

3. - DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA. -

Il programma di gestione della misura è scritto parte in linguaggio assembler (MACRO-15) e parte in FORTRAN IV; sono scritte in assembler le subroutines che gestiscono l'acquisizione dati, mentre i sottoprogrammi per l'elaborazione delle misure sono in FORTRAN IV.

In Fig. 2 è riportato il diagramma di flusso del programma. Questo, una volta caricato in memoria, effettua innanzitutto la lettura del "titolo" (un insieme di costanti tra cui quelle del mangiaspago, tolleranze, etc.), quindi inizializza i periferici usati e infine chiede le informazioni relative al film e al primo fotogramma da misurare. Dopo di ciò attende la misura delle croci di riferimento. Quando questa misura è stata effettuata, il calcolatore elabora i dati ricevuti operando una trasformazione dal sistema di coordinate ellittiche del mangiaspago ad un sistema di coordinate cartesiane solidale al tavolo di misura, quindi, fittando le coordinate delle croci, determina la matrice per la trasformazione di coordinate dal sistema ortogonale solidale al tavolo a un sistema di riferimento solidale alla superficie interna del vetro anteriore della camera (sulla quale sono incise le croci di riferimento).

Successivamente vengono misurati i punti relativi alla prima traccia; il programma calcola prima le coordinate dei punti sulla faccia interna del vetro anteriore, quindi, utilizzando un fattore d'ingrandimento, calcola le coordinate reali nel piano mediano della camera.

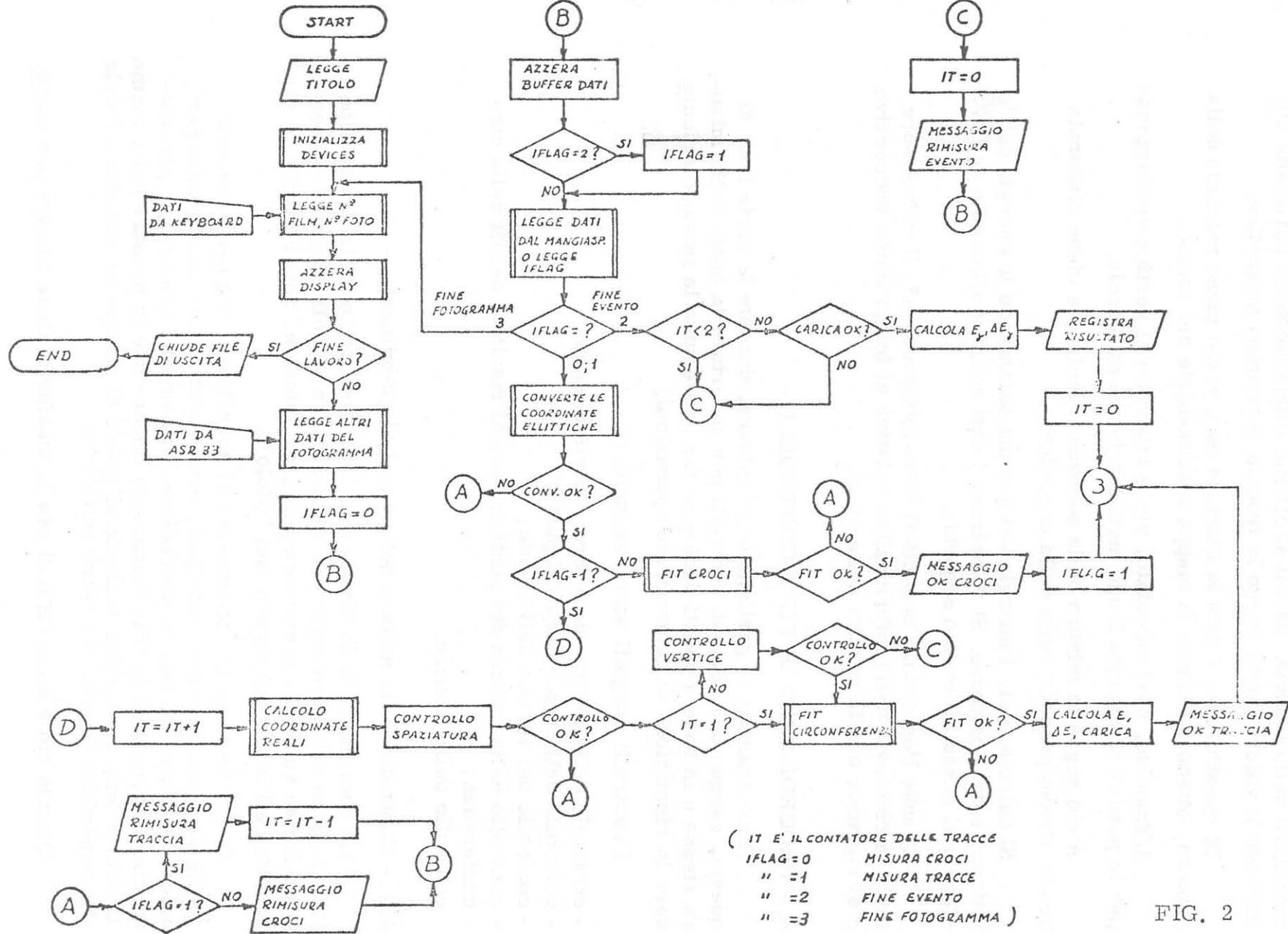


FIG. 2

6.

Su tali coordinate viene eseguito un fit per calcolare il raggio di curvatura della traccia, da cui si ottiene l'impulso della particella utilizzando il valore medio lungo la traccia del campo magnetico.

Di quest'ultimo è data la funzione $B(x, y)$ nel piano mediano della camera, ottenuta fittando la mappa sperimentale del campo.

L'impulso, così calcolato, viene riportato al vertice correggendo per le perdite di energia lungo metà lunghezza di traccia.

A ciò segue la misura della seconda traccia che viene elaborata con lo stesso procedimento della precedente.

Si calcola, poi, l'energia del gamma sommando le energie dell'e⁺ lettrone e del positrone. Si registrano i dati relativi all'evento su DEC-tape e si passa all'evento seguente.

Quando l'operatore segnala il "fine fotogramma", il calcolatore invia la richiesta delle informazioni relative al fotogramma successivo e si riprende con la misura delle croci.

4. - PROCEDIMENTI DI FIT E CONTROLLI. -

Il programma di gestione della misura, durante le varie fasi di questa, esegue una serie di controlli per accertare la bontà della misura stessa e in base a questi decide se far proseguire la misura o richiedere la ripetizione di determinate operazioni.

I controlli eseguiti sono i seguenti:

- controllo della misura delle croci di riferimento;
- controllo della spaziatura dei punti;
- controllo del vertice dell'evento;
- controllo della misura dei punti in base al risultato del fit della conferenza;
- controllo delle cariche.

4.1. - Controllo della misura delle croci di riferimento. -

Le coordinate delle cinque croci di riferimento incise sulla superficie interna del vetro anteriore della camera e quelle della croce centrale incisa sul vetro posteriore sono, ovviamente, note e fornite al programma all'inizio del lavoro (nel "titolo").

Come abbiamo già accennato tali coordinate, più precisamente quelle delle cinque croci anteriori, vengono utilizzate innanzitutto per calcolare (App. 1), con un procedimento di minimi quadrati, i parametri che determinano la trasformazione lineare che fa passare dal sistema di riferimento cartesiano S_{0} al tavolo di misura al sistema S_{1} alla superficie interna del vetro anteriore.

Quando ciò è stato fatto si usa la trasformazione lineare per calco

lare le coordinate (X_i, Y_i) delle croci a partire da quelle nel sistema so lidale al tavolo di misura.

Le coordinate così calcolate vengono poste a confronto con quelle reali (x_i, y_i) richiedendo che tutte le quantità $|(X_i - x_i)|$ e $|(Y_i - y_i)|$ siano inferiori ad una tolleranza prestabilita.

Se una delle croci scarta più della tolleranza assegnata viene eli minata (se ce ne fosse più di una, viene eliminata quella con lo scarto massimo) e il fit dei parametri della trasformazione viene ripetuto utilizzando le quattro croci rimaste. Se si ha ancora una croce che scarta più della tolleranza, viene richiesta la rimisura delle croci inviando un opportuno codice al display.

Un ulteriore controllo sulla misura delle croci viene effettuato, in maniera del tutto analoga alla precedente, servendosi della croce post eriore la cui posizione apparente sul vetro anteriore è calcolata tramite un fattore d'ingrandimento. L'esito negativo di questo controllo comp orta la richiesta di rimisura delle croci.

Quando i controlli sulla misura delle croci danno esito positivo, il calcolatore invia all'operatore un messaggio di "O.K. misura" che consente il passaggio alla fase successiva.

4.2. - Controllo della spaziatura dei punti. -

Si è osservato sperimentalmente che per tracce di elettroni (o positroni) con energia superiore a 100 MeV, cioè per tracce relativamente poco curvate dal campo magnetico, il risultato del fit della circonferenza dipende notevolmente dalle modalità di esecuzione della misura, per cui per ottenere buoni risultati occorre misurare la massima lunghezza di traccia con punti che siano il più possibile equispaziati. Mentre si è lasciato all'operatore il compito di misurare la massima lunghezza di traccia, è stato inserito nel programma un controllo sull'equi spaziatura dei punti misurati. Il programma calcola, avendo accumulato tutti i punti della traccia in memoria, la distanza tra il primo e l'ultimo di ta li punti, introducendo l'approssimazione, trascurabile ai nostri fini nel caso di tracce sufficientemente diritte, di considerare la corda invece dell'arco di circonferenza; calcola, quindi, il passo da tenere nella misura dividendo tale distanza per il numero di punti meno uno e pone co me tolleranza sul passo la metà del passo stesso. Nel caso in cui la tol leranza risulta inferiore ad un valore prestabilito (dell'ordine di 0.5 cm), si assume questo valore come tolleranza, facendo sì che il controllo sul passo non abbia praticamente effetto per le tracce meno energetiche per le quali, tra l'altro, non avrebbe molto senso l'approssimazione adotta ta nel determinare la lunghezza di traccia. Vengono calcolate tutte le di stanze tra due punti successivi misurati lungo la traccia e si controlla che ognuna di esse non scarti (in valore assoluto) più della tolleranza ri spetto al passo. Se ciò non avviene viene inviata una richiesta di "rimi sura traccia" tramite il display.

8.

Qualora dopo tre tentativi la misura non superi questo controllo l'operatore è invitato, da un opportuno messaggio su display, a passare ad un altro evento, mentre il programma registra la mancata misura dell'evento in esame.

4.3. - Controllo sul vertice. -

E' assunto come vertice il primo punto misurato della prima traccia. Il programma controlla, quindi, che il primo punto misurato della seconda traccia coincida con il vertice, cioè abbia da questo una distanza inferiore ad un valore prestabilito. Se ciò non si verifica il calcolatore invia tramite il display un messaggio di "rimisura evento".

4.4. - Controllo della misura dei punti su una traccia in base al risultato del fit della circonferenza. -

Per determinare la migliore circonferenza per i punti misurati di una traccia è stato adottato il metodo riportato in rif. (2), che conduce alla soluzione di un sistema di equazioni lineari.

Una volta determinata la circonferenza, il programma controlla che la distanza da essa di ciascun punto misurato sia inferiore ad una tolleranza assegnata; in caso contrario, si elimina il punto cui corrisponde lo scarto massimo, si ripete il fit ed il controllo per i punti rimasti.

Il procedimento ha termine quando il controllo ha buon esito, nel qual caso viene inviato all'operatore un messaggio di "O.K. misura" per la misura della traccia, oppure quando rimangono soltanto tre punti, nel qual caso viene inviato un messaggio di "rimisura traccia".

4.5. - Controllo delle cariche. -

Il programma determina il segno della carica di ciascuna traccia della coppia e, quando l'operatore trasmette il segnale di fine evento, il programma controlla che le tracce della coppia abbiano carica opposta. Se ciò non è verificato viene richiesta all'operatore la rimisura dell'evento.

5. - CONCLUSIONI. -

Il metodo messo a punto per la misura dell'energia delle coppie e^+e^- è stato controllato processando le misure relative ad un campione dell'ordine di un centinaio di eventi sia con i programmi standard THRESH e GRIND sia con il programma descritto nel presente lavoro.

Il confronto tra i risultati ottenuti nei due casi è stato pienamente soddisfacente; le differenze tra le energie determinate con i due metodi

sono risultate nel 100% dei casi inferiori agli errori calcolati.

Per l'esperimento di cui al rif. (3), sono state misurate circa 20.000 coppie dalla cui distribuzione in energia si è determinato lo spettro del fascio gamma incidente, utilizzando la sezione d'urto teorica per creazione di coppie.

Durante la misura non sono sorti particolari problemi. Il controllo della equispaziatura dei punti, con la tolleranza scelta, ha causato un numero trascurabile di no-fit.

RINGRAZIAMENTI. -

Desidero ringraziare il Dott. G. Chiefari e il Prof. V. Rossi per il prezioso aiuto datomi nella realizzazione di questo lavoro.

BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - G. Chiefari, L'interfaccia del sistema on-line mangiaspago PDP-15 del gruppo Camere a Bolle di Napoli, Rapporto INFN/TC-74/3 (1974).
- (2) - J. M. Howie, Some tests for checking the smoothness of measurements of bubble chamber track images, Rapporto CERN-DD/DP/66/7 (1966).
- (3) - G. Chiefari, E. Drago, M. Napolitano, G. C. Sciacca and L. Votano, Total cross-section measurement of π^- photoproduction on deuteron in the first resonance region, Lett. Nuovo Cimento, in corso di pubblicazione.

APPENDICE 1 - Ricostruzione geometrica. -

La Fig. 3 rappresenta una vista schematica del sistema ottico della camera a bolle, ottenuta operando una intersezione secondo un piano passante per l'asse ottico della macchina fotografica e contenente il raggio di luce che congiunge un generico punto di coordinate (x_R, y_R, z_R)

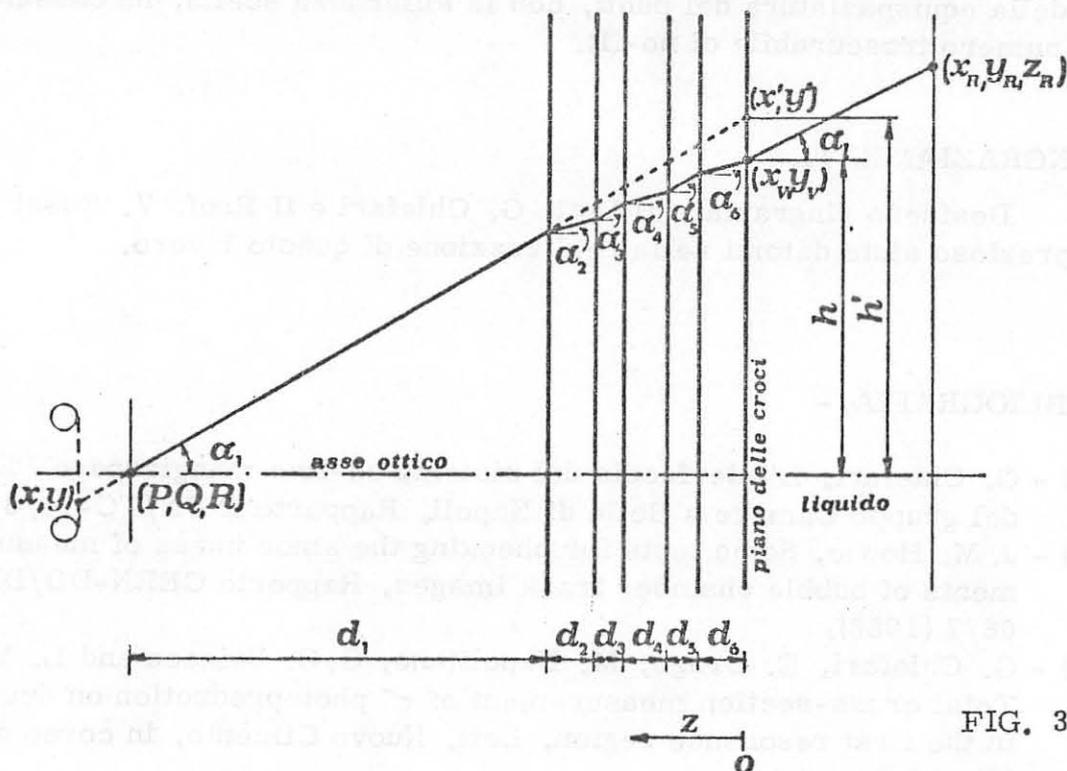


FIG. 3

con la sua immagine sulla pellicola. Le superfici di separazione dei vari mezzi attraversati dalla luce sono parallele tra loro e perpendicolari all'asse ottico della macchina fotografica. Le croci di riferimento sono incise sulle superfici interne del vetro anteriore e del vetro posteriore (cinque per vetro) della camera.

Il problema della ricostruzione geometrica, nel caso presente, consiste nel passare dalle coordinate cartesiane sul film (ovvero da quelle in un sistema solidale al tavolo di misura, legate a quelle sul film da una semplice trasformazione lineare) dei punti misurati a quelle reali nel piano mediano della camera. Questo passaggio avviene in due fasi; si passa, prima, in un sistema solidale alla superficie interna del vetro anteriore e, quindi, alle coordinate reali.

Con semplici considerazioni geometriche, ricordando che la Fig. 3 rappresenta una generica intersezione secondo un piano passante per l'asse ottico e facente un certo angolo θ con l'asse x del riferimento, si vede che dato un punto di coordinate misurate (x, y) le sue coordina

te nel sistema solidale al vetro anteriore sono date da:

$$\begin{bmatrix} x_v \\ y_v \end{bmatrix} = \frac{h}{h'} \begin{bmatrix} x' - P \\ y' - Q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} = \frac{h}{h'} \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} + \left(1 - \frac{h}{h'}\right) \begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} \quad (1)$$

ove (x', y') sono le sue coordinate apparenti e h/h' è dato, come si ricava facilmente, da

$$\frac{h}{h'} = \sum_i \frac{d_i}{\left(\sum_j d_j\right) \sqrt{n_i^2 + (n_i^2 - 1) \operatorname{tg}^2 a_1}} \quad (2)$$

essendo d_i lo spessore del mezzo i -esimo attraversato dalla luce (si veda la Fig. 3) e n_i l'indice di rifrazione di tale mezzo rispetto al primo mezzo, che in questo caso è aria.

D'altra parte le coordinate (x', y') della posizione apparente sul vetro sono legate alle coordinate misurate sul tavolo da una trasformazione lineare che scriviamo come segue:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 & b_2 \\ b_3 & b_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (3)$$

Sostituendo la (3) nella (1) si ottiene:

$$\begin{bmatrix} x_v \\ y_v \end{bmatrix} = \frac{h}{h'} \begin{bmatrix} b_1 & b_2 \\ b_3 & b_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \frac{h}{h'} \begin{bmatrix} a_1 - P \\ a_2 - Q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} \quad (4)$$

Ora, se teniamo conto delle dimensioni della camera a bolle (diametro 30 cm) e della distanza delle macchine fotografiche rispetto alla camera (distanza circa 120 cm dal vetro anteriore) si vede che nella (2) il termine $(n_i^2 - 1) \operatorname{tg}^2 a_1$ è in ogni caso trascurabile rispetto a n_i^2 , essendo $\operatorname{tg}^2 a_1 \ll 1$, per cui la (3) si può approssimare con:

$$\frac{h}{h'} = \frac{\sum_i d_i / n_i}{\sum_i d_i} \quad (5)$$

che è una costante indipendente dal particolare raggio di luce conside-

rato. Con questa approssimazione la trasformazione (4) è ancora una trasformazione lineare che si può scrivere in modo del tutto analogo alla (3). Inoltre, nella ipotesi che siano trascurabili tutte le possibili cause di distorsione dell'immagine, sia nell'apparato fotografico della camera che nell'apparato di proiezione del film per la misura, la matrice quadrata \hat{B} che compare nella (3) è, a meno di un fattore, la matrice di rotazione ortogonale, per cui in definitiva si può scrivere che le coordinate (x_v, y_v) sono legate alle coordinate (x, y) da una trasformazione lineare definita da quattro parametri β_i ($i = 1, 4$), che si esprime come segue:

$$\begin{bmatrix} x_v \\ y_v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_4 & -\beta_3 \\ \beta_3 & \beta_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (6)$$

Questi quattro parametri vengono calcolati nel fit delle croci di riferimento utilizzando le coordinate reali e quelle misurate delle cinque croci di riferimento del vetro anteriore.

Note le coordinate (x_v, y_v) sul vetro, si passa immediatamente alle coordinate reali (x_R, y_R) di un punto sul piano mediano della camera scrivendo la relazione seguente:

$$\begin{bmatrix} x_R \\ y_R \end{bmatrix} = -\frac{z_R}{h} \begin{bmatrix} P - x_v \\ Q - y_v \end{bmatrix} \operatorname{tg} \alpha_1 + \begin{bmatrix} x_v \\ y_v \end{bmatrix} \quad (7)$$

dove z_R è la distanza del piano degli eventi dal vetro anteriore. Per h si ha l'espressione seguente:

$$h = \operatorname{tg} \alpha_1 \sum_i \frac{d_i}{\sqrt{n_i^2 + (n_i^2 - 1) \operatorname{tg}^2 \alpha_1}} \quad (8)$$

per cui con l'approssimazione fatta in precedenza si ha:

$$-\frac{z_R \operatorname{tg} \alpha_1}{h} \approx -\frac{z_R}{n_1 \sum_i \frac{d_i}{n_i}} = F = \text{costante} \quad (9)$$

Quindi, le coordinate reali sono date da:

$$\begin{bmatrix} x_R \\ y_R \end{bmatrix} = F \begin{bmatrix} P - x_V \\ Q - y_V \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_V \\ y_V \end{bmatrix} \quad (10)$$

dove F, come abbiamo già visto, è un "fattore di ingrandimento" costante.

APPENDICE 2 - Device handlers. -

Il trasferimento dei dati e dei messaggi per il display avviene attraverso il registro accumulatore del calcolatore, mediante l'esecuzione di opportune istruzioni IOT (Input - Output Transfer).

Per consentire tale trasferimento è stato scritto un opportuno handler per il mangiaspago in linguaggio assembler (MACRO-15); ed è stato inserito nell'IOPS (Input - Output Programming System). In tal modo il dispositivo di misura è stato trattato come un qualunque altro periferico riconosciuto dal Sistema Operativo; ciò ha permesso di usare tutte le facilitazioni offerte dal software del PDP-15.

Quando l'operatore preme uno dei pulsanti della tastiera si genera una interruzione in API (Automatic Priority Interrupt) che chiama in causa la parte di handler che serve questo tipo di interruzioni.

Il calcolatore legge e decodifica la richiesta dell'operatore, la quale può essere di quattro tipi: 1) richiesta di memorizzazione dati; 2) messaggio di "fine misura"; 3) messaggio di "fine evento"; 4) messaggio di "fine fotogramma".

Nel primo caso vengono eseguiti gli IOT di lettura di tre parole di 18 bits (di 18 bits è composta una parola del PDP-15) che contengono le 5+5 cifre BCD delle coordinate ellittiche di un punto misurato dal mangiaspago. Tali parole vengono immediatamente convertite, nella routine di servizio stessa, in due numeri binari, contenenti uno la coordinata x e l'altro la coordinata y, i quali vengono accumulati in un buffer per essere messi a disposizione dei programmi di elaborazione all'arrivo del segnale di "fine misura".

Negli altri casi viene impostato un opportuno valore di una variabile intera (IFLAG) che viene trasferito a programmi di elaborazione.

L'invio di messaggi all'operatore tramite il display è fatto servendosi della macroistruzione .WRITE dello assembler del PDP-15. Questa ultima viene interpretata dal CAL HANDLER del Monitor che chiama in causa l'handler del mangiaspago per l'esecuzione dell'operazione richiesta.

Nel seguito sono riportati, assieme al listing del device handler del mangiaspago, anche un handler, con limitate funzioni (accetta solo

numeri e alcuni caratteri speciali), per il Keyboard e l'handler della printer della teletype ASR33, non inclusi nel software fornito dalla DIGITAL E.C. Anche questi handlers sono stati inseriti nell'IOPS.

/HANDLER DEL MANGIASPAGO

```

RRQ=705012
RWA=705032
RWB=705052
RWC=705072
CFL=705014
SFL=705001
SDA=705021
SDB=705041
SDC=705061
ADA=705024
ADB=705044
ADC=705064
/
.GLOBAL MSA.
.MED=3 /MONITOR ERROR DIAGNOSTIC
/
MSA.   DAC MSCALEP
       DAC MSARGP
       ISZ MSARGP
       LAC* MSARGP
       ISZ MSARGP
       TAD (JMP DSPCH
       DAC DSPCH
DSPCH  XX
       JMP MSINIT
       JMP MSIGN2
       JMP MSIGN2
       JMP MSERR6
       JMP MSERR6
       JMP MSIGN1
       JMP MSIGN1
       JMP MSREAD
       JMP MSWRIT
       JMP MSWAIT
       JMP MSERR6
/
/FUNCTION CODE ERROR
/
MSERR6 LAW 6 /ERROR CODE 6
       JMP* (.MED+1 /TO MONITOR
/
MSERR7 LAW 7 /ERROR CODE 7
       JMP* (.MED+1 /TO MONITOR
/
/MSINIT ROUTINE
/
MSINIT ISZ MSARGP
       LAC C6
       DAC* MSARGP
       ISZ MSARGP
MSSETP CAL 70
MSCBP  16
MSUND  SFL
CNTR   MSINT
N      LAC .+2
RIS    DAC MSSETP
P      JMP MSSTOP
MSSTOP JZM MSUND
       JMP MSIGN1
/
/INTERRUPT HANDLER FOR API
/
MSINT  0
       DAC SAVAC

```

16.

```
LACQ
DAC SAVM
LACS
DAC SAVSC
LAC SWICH /SE SWITCH=1 INTERRUZIONE
SAD (0 /API LEGALE.
JMP CLR
RRQ
SAD (7
JMP RQ7
SAD (6
JMP RQ6
SAD (5
JMP RQ5
SAD (4
JMP RQ4
CLR CFL
DZM 15UNJ
LAC SAVSC
XCR (77
TAD (640402
AND (640477
DAC +1
HLT
LAC SAVM
LMQ
LAC SAVAC
DZR
JMP* MSINT
/
RQ7 RWA
DAC WA
RWB
DAC WB
RWC
DAC WC
LAC WB
DAC N
JMS SUB
LAC WC
AND MASK
TAD RIS
DAC* MSCBP
ISZ MSCBP
LAC WA
DAC N
JMS SUB
LAC WC
RTR
RTR
AND MASK
TAD RIS
DAC* MSCBP
LAC CONTI
JMP LOCP
JMP CLR
SUB 0
LAC PI
DAC P
LAC (-4
DAC CNTR
DZM RIS
POT LAC* P
DAC POSTM
LAC N
AND MASK
```

```

CLL
CLQ
MUL
POSTM 0
LACQ
TAD RIS
DAC RIS
ISZ CNTR
SKP
JMP* SUB
ISZ P
LAC N
RTR
RTR
DAC N
JMP POT
/RQ6 E' LA RICHIESTA ESEGUITA
RQ6 DZM SWITCH
ISZ MSCBP /PUNTA A
ISZ MSCBP /BUFF+4
LAC (1 /PONE 1 PER R.E.
DAC* MSCBP /IN BUFF+4
LAC CONT2
JMP LOOP
/RQ5 E' LA RICHIESTA DI FINE EVENTO
RQ5 ISZ MSCBP
ISZ MSCBP
LAC (3
DAC* MSCBP /PONE 3 IN BUFF+4
LAC CONT2
JMP LOOP
/RQ4 E' LA RICHIESTA DI FINE FOTOGRAMMA
RQ4 ISZ MSCBP
ISZ MSCBP
LAC (7
DAC* MSCBP /PONE 7 IN BUFF+4
LAC CONT2
/QUESTO LOOP SERVE PER ALLUNGARE
/LA DURATA DELLA SUBROUTINE API
LOOP DAC CONT /IL LOOP SERVE AD ALLUNGARE
ISZ CONT /LA DURATA DELLA SUBR API
JMP -1
JMP CLR
/ LOOP DI ATTESA
/
MSWAIT LAC MSUND
SNA
JMP MSIGNI
MSBUSY DBR
JMP* MSCALP
/PREPARAZIONE DEL BUFFER
/DI LETTURA
/
MSREAD LAC (1
DAC SWITCH
LAC MSUND
SZAICMA
JMP MSBUSY
DAC MSUND
LAC* MSCALP
AND (7820
SZA
JMP MSERR 7
LAC* MSARGP
DAC MSCBP
ISZ MSARGP

```

18.

```

ISZ MSCBP
ISZ MSCBP
MSIGN2 ISZ MSARGP
MSIGN1 DBR
JMP* MSARGP
/DISPLAY
MSWRIT LAC* MSCALP
AND (7000
SZA
JMP MSERR7
LAC* MSARGP
DAC MSCBP
LAC* MSCBP
RAR
SZL
SDA /SPEGNI IL DISPLAY A
RAR
SDB /SPEGNI IL DISPLAY B
RAR
SDC /SPEGNI IL DISPLAY C
ISZ MSCBP
ISZ MSARGP
AND (7
SAD (1
JMP DYA
SAD (2
JMP DYB
SAD (4
JMP DYC
HLT
DYA LAC* MSCBP
ADA /ACCENDI IL DISPLAY A
JMP MSIGN2
DYB LAC* MSCBP
ADB /ACCENDI IL DISPLAY B
JMP MSIGN2
DYC LAC* MSCBP
ADC /ACCENDI IL DISPLAY C
JMP MSIGN2
MSCALP
MSARGP
SAVAC
SAVMQ 0
SAVSC
WA
WB
WC
SWTCH 0
PI PRIMC
MASK 17
PRIMO 12
144
1750
2342J
CONT
CONT1 777634
CONT2 777600
.END

```

/ HANDLER DEL KEYBOARD

KBSF=704101
KBRD=704112

. GLOBL LKA.

.MED=3
LKA.

DAC KBCALP
DAC KBARGP
ISZ KBARGP
LAC* KBARGP
ISZ KBARGP
TAD (JMP DSPCH
DAC DSPCH

DSPCH

Ø
JMP KBINIT
JMP KBIGN2
JMP KBIGN2
JMP KBERR6
JMP KBERR6
JMP KBIGN1
JMP KBERR6
JMP KBREAD
JMP KBERR6
JMP KBWAIT
JMP KBERR6

KBERR6

LAW 6
JMP* (.MED+1

KBERR7

LAW 7
JMP* (.MED+1

/

/

KBINIT

ISZ KBARGP
.DEC
LAC (34
.OCT

KBSETP

DAC* KBARGP

KBCBP

ISZ KBARGP
CAL 75

16
KBSF
KBINT

KBUND

LAC .+2
DAC KBSETP
JMP KBSTOP

KBSTOP

DZM KBUND
JMP KBIGN1

/

/

/

KBREAD

LAC KBUND
SZ AICMA
JMP KBBUSY
DAC KBUND
LAC* KBCALP
AND (7000
SAD (3000

/IMAGE ALPHANUMERIC?

JMP KBERR7 /NO,IOPS 07

LAC* KBARGP
DAC KBCBP
DAC KBLBHP

	JZM*	KBLOHP	
	ISZ	KBCBP	
	ISZ	KBCBP	
	LAC	KBCBP	
	DAC	KBJATI	
KBIGN2	ISZ	KBARGP	
KBIGN1	DBR		
	JMP*	KBARGP	
/			
/			
KBWAIT	LAC	KBUND	
	SNA		
	JMP	KBIGN1	
KBBUSY	DBR		
	JMP*	KBCALP	
/			
/			
KBPIC	DAC	KBAC	
	LAC*	(0	
	DAC	KBOUT	
	JMP	KBSTRT	
KBINT	JMP	KBPIC	
	DAC	KBAC	
	LAC	KBINT	
	DAC	KBOUT	
	LAC	(JMP KBPIC	
	DAC	KBINT	
KBSTRT	KBND		
	DAC	COM	
	TAD	(-260	
	SPA		
	JMP	CRCU	
	TAD	(-12	
	SPA		
	SKP		
	JMP	ERR1 /NON E' UN NUMERO	
	LAC	COM	
	DAC*	KBCBP	
	ISZ	CNTR	
	LAC	CNTR	
	TAD	(-10	
	SPA		
	SKP		
	JMP	ERR2 /TROPPI NUMERI	
	ISZ	KBCBP	
	JMP	KBDISM	
CRCU	LAC	COM	
	TAD	(-215	
	SZA	/E' UN CARRIAGE RETURN?	
	SKP		
	JMP	QFINE /SI	
	LAC	COM	
	TAD	(-225	
	SZA	/E' UN CTRL U?	
	JMP	ERR1 /NO	
	JMP	CANCEL /SI	
QFINE	LAC	CNTR	
	SAD	(7	
	SKP		
	JMP	ERR3 /POCHI NUMERI	

```

FINE      DZM      KBUND
          DZM      CNTR
KBDISM    LAC      KBAC
          DBR
          JMP*     KBOU
CANCEL    LAC      KBLBHP
          TAD      (-2
          DAC      KBDATI
          DAC      KBCBP
          LAC      (-7
          DAC      CONT
ZERO      DZM*     KBDATI
          ISZ      CONT
          JMP      AZZ
          DZM      CNTR
          JMP      KBDISM
AZZ       ISZ      KBDATI
          JMP      ZERO
ERR1      LAC      (-1
          DAC*     KBLBHP
          JMP      FINE
ERR2      LAC      (-2
          DAC*     KBLBHP
          JMP      FINE
ERR3      LAC      (-3
          DAC*     KBLBHP
          JMP      FINE

KBCALP
K3ARGP
KBAC
KBOU
COM
CONT
CNTR
KBLBHP
KBDATI
.END
    
```

/ HANDLER DELLA TELEPRINTER

/ACCETTA IOPS ASCII MODE E

/IMAGE ALPHANUMERIC MODE

LTSF=704001

LTCF=704002

LTLS=704006

.C.03L LTA.

.MED=3

```

LTA.   DAC      LTCALP
       DAC      LTARGP
       ISZ      LTARGP
       LAC*     LTARGP
       ISZ      LTARGP
       TAD      (JMP DSPCH
       DAC      DSPCH

DSPCH  0
       JMP      LTINIT
       JMP      LTIGN2
       JMP      LTIGN2
       JMP      LTERR6
       JMP      LTERR6
       JMP      LTIGN1
       JMP      LTERR6
       JMP      LTWRTE
       JMP      LTWAIT
       JMP      LTERR6

```

```

/
LTERR6 LAW      6
       JMP*     (.MED+1
LTERR7 LAW      7
       JMP*     (.MED+1

```

/INIZIALIZAZIONE

```

LTINIT ISZ      LTARGP
       .DEC
       LAC      (34
       .CCT
       DAC*     LTARGP
       ISZ      LTARGP
LTSETP CAL      74
       16
LTCBP  LTSF
SAVE   LTINT
LTUND  LAC      .+2
COUNT DAC      LISETP
       JMP      LISTOP
LISTOP DZM      LTUND
       JMP      LTIGN1

```

/ PROCESSO INTERRUZIONE API

```

/
LTPIC  DAC      LTAC      /SALVA L'ACCUMULATORE
       LACQ     /SALVA IL MULTIPLIER-
       DAC      LIMQ     /QUOTIENT REGISTER
       LACS     /SALVA LO STEP-
       DAC      LTSC     /COUNTER REGISTER
       LAC*     (0
       DAC      LIOUT
       JMP      INCR

```

LTINT	JMP	LTPIC
	DAC	LTAC
	LACQ	
	JAC	LTMQ
	LAC	LTINT
	DAC	LTOUT
	LAC	(JMP LTPIC
	DAC	LTINT
	LAC	IOMODE
	RAR	
	SZL	/IOPS ASCII ?
	JMP	ALPHA /NO,IMAGE ALPHANUMERIC
INCR	ISZ	CNTR
	JMP	TYPE
	LAC	MSEI
	DAC	CNTR
	ISZ	COUNT
	JMP	INCR1
BETA	DZM	LTUND
	LTCF	
	JMP	LTDISM
INCR1	ISZ	LTCBP
	JMP	INCR
CRT	LAC	COM
	LTLS	
LTDISM	LAC	LTSC /RIPRISTINA
	XOR	(77 /LO STEP-COUNTER
	TAD	(640402
	AND	(640477
	DAC	.+1
	HLT	
	LAC	LTMQ /RIPRISTINA
	LMQ	/IL MULTIPLIER-QUOTIENT
	LAC	LTAC /RIPRISTINA L'AC
	ION	
	DBR	
	JMP*	LTOUT
TYPE	LAC	CNTR
	ICA	
	SAD	(5
	JMP	CINQUE
	SAD	(4
	JMP	QUATTR
	SAD	(3
	JMP	TRE
	SAD	(2
	JMP	DUE
	SAD	(1
	JMP	UNO
	HLT	
CINQUE	LAC*	LTCBP
	CLL	
	LRS	13
	JMP	STAMPA
QUATTR	LAC*	LTCBP
	LRS	4
	AND	MASK
	JMP	STAMPA
TRE	LAC*	LTCBP
	ALS	3
	AND	(170
	DAC	SAVE
	ISZ	LTCBP
	LAC*	LTCBP
	CLL	
	LRS	17
	TAD	SAVE
	JMP	STAMPA

```

DUE   LAC*   LTCBP
      LRS    13
      AND    MASK
      JMP    STAMPA
UNO   LAC*   LTCBP
      RAR
      AND    MASK
STAMPA DAC    COM
      JMP    CRT
ALPHA LAC*   LTCBP
      DAC    COM
      ISZ    CONT
      SKP
      JMP    BETA
      ISZ    LTCBP
      JMP    CRT
/
/  PROCESSO RICHIESTA STAMPA
/
LIWRITE LAC   LTUND
      SZALCMA
      JMP    LTBUSY
      DAC    LTUND
      LAC*   LTCALP
      LRS    11
      AND    (7
      DAC    IOMODE
      AND    (2
      SNA    /IOPS ASCII OPPURE IMAGE ALPHANUMERIC?
      JMP    LTERR7 /NO
      LAC*   LTAR GP
      DAC    LTCBP
      LAC*   LTCBP
      SWHA
      AND    (377
      IAD    (-1
      TCA
      DAC    COUNT
      RCL
      IAD    (-1
      DAC    CONT /CONT=COUNT*2-1
      ISZ    LTCBP
      ISZ    LTCBP
      CLALCLL
      LTLS
      ISZ    LTAR GP
      ISZ    LTAR GP
      LTIGN2
      LTIGN1
      DSR
      JMP*   LTAR GP
/
LIWAIT LAC   LTUND
      SNA
      JMP    LTIGN1
LTBUSY DSR
      JMP*   LTCALP
MASK   177
LTCALP
LTAR GP
COM
USEI   -6
UNTR   -6
LINC
LINC
LTSC
LFOUT
IOMODE
CONT
      .END

```