

COMITATO NAZIONALE PER L'ENERGIA NUCLEARE
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF - 64/51
12 Ottobre 1964.

**B. Bertolucci e F. Pandarese: STUDIO DI UN SISTEMA DI
SCANNING DI FOTOGRAMMI DA C. A S. CON ACCOPPIA-
MENTO CRT - GRANDE CALCOLATORE.**

(Nota interna: n. 262)

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

Nota interna: n. 262
12 Ottobre 1964.

B. Bertolucci e F. Pandarese: STUDIO DI UN SISTEMA DI SCANNING DI FOTOGRAMMI DA C. A. S. CON ACCOPPIAMENTO CRT - GRANDE CALCOLATORE. -

INTRODUZIONE. -

1) SISTEMI AUTOMATICI.

Nell'analisi di un fotogramma si possono distinguere tre fasi:

- a) riconoscimento dell'evento;
- b) misura;
- c) ricostruzione dell'evento nello spazio e calcoli cinematici.

Si dicono "semiautomatici" tutti i sistemi in cui una o più delle precedenti fasi è affidata ad un operatore umano.

Un tipo di sistema semiautomatico è il sistema "Mangiaspago" - grande calcolatore; in esso solo la terza fase è automatizzata. Nei sistemi, invece, tipo F. S. D. (Flying Spot Digitizer) solo la prima fase è manuale, le altre due sono automatizzate.

Si definiscono sistemi completamente "automatici" quei sistemi in cui in nessuna di queste tre fasi interviene un operatore umano. Sistemi di questo tipo sono lo SPASS (Spark-chamber Automatic Scanning System)⁽¹⁾, oltre i sistemi di digitalizzazione diretta^(2,3).

Fra questi ultimi sono da annoverarsi tutti quelli utilizzando camere a scintilla di tipo particolare (odoscopi a fili, vidicon, camere acustiche, camere a divisione di corrente, camere a magnetostrizione⁽⁴⁾). Questi sistemi, allo stato attuale, presentano complicazioni circuitali e necessità di una memorizzazione intermedia, tali da renderli piuttosto costosi. Inoltre si preferisce in generale un controllo visuale di quanto avviene nell'interno della camera a scintilla, per una migliore interpretazione di fenomeni non previsti e soprattutto perchè, nel caso di risultati di dubbia interpretazione, un controllo visivo del fotogramma può servire a decidere sulla origine di eventuali errori.

In ambedue i sistemi, le due tecniche più usate di trasferimen

2.

to dei dati dalla pellicola alla memoria del calcolatore sono :

a) memorizzazione completa di tutta l'informazione, utile ed inutile; successiva selezione ed eventuale ricostruzione ed elaborazione fatta all'interno del calcolatore (ciò in generale richiede una capacità di memoria dell'ordine di quella dei grandi calcolatori);

b) memorizzazione della sola informazione utile attraverso una preselezione che, nei sistemi tipo Mangiaspago - grande calcolatore, è effettuaa manualmente, mentre nei sistemi tipo SPASS attraverso un asservimento del trasduttore (CRT-fotomoltiplicatore) al calcolatore.

Se la limitazione di velocità è dovuta al calcolatore e non al trasduttore esterno (CRT), i sistemi di tipo a) sono intrinsecamente più veloci di quelli di tipo b).

2) SCANNING DI CAMERE A SCINTILLA.

La precisione richiesta per lo scanning di camere a scintilla rende il problema risolvibile con dispositivi puramente elettronici; si può evitare, cioè, il ricorso a dispositivi ottico-meccanici, come nell'analisi di foto di camere a bolle.

Nei dispositivi più usati il "lettore" del film è un sistema oscilloscopio-fotomoltiplicatore.

L'immagine del punto luminoso del CRT è formata sul piano della pellicola da analizzare; il fotomoltiplicatore rivela la trasparenza o meno della zona colpita dallo spot luminoso e trasmette l'informazione al calcolatore.

Il comando del punto luminoso è di tipo televisivo nei sistemi tipo a), è random-access in quelli di tipo b).

Un sistema del tipo random-access è il sistema di scanning SPASS⁽¹⁾, sommariamente descritto in fig. 1. Il calcolatore è il PDP-1

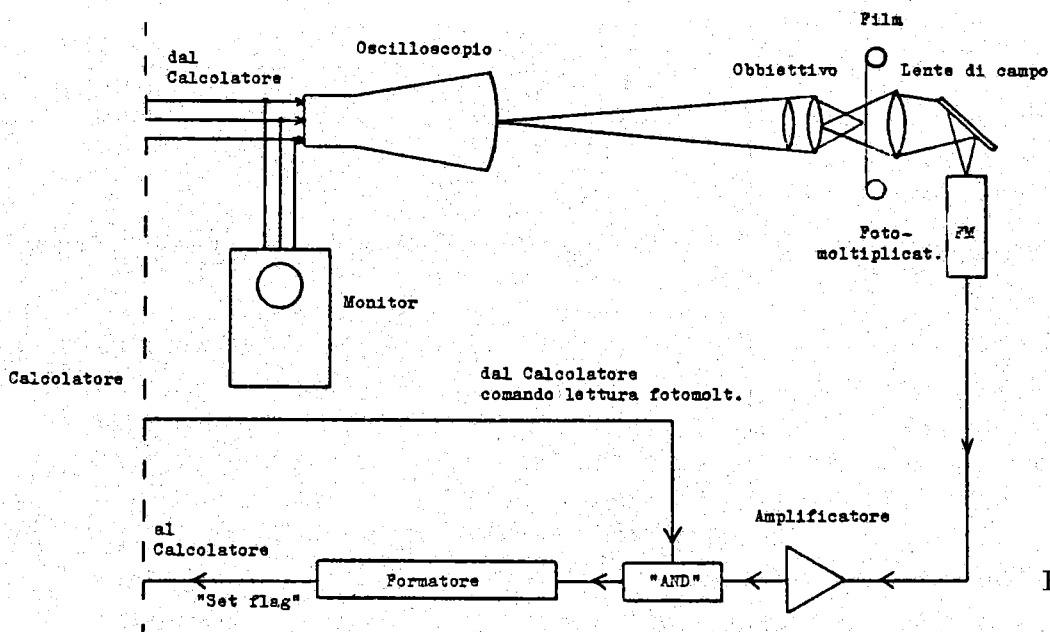


FIG. 1

e l'oscillografo il CRT 30, ambedue della DEC (Digital Equipment Corporation).

La posizione del punto luminoso dell'oscillografo a raggi catodici è comandata dal calcolatore PDP-1. Di tale punto è fornita una immagine sul piano della pellicola da analizzare. Se tale immagine coincide con una zona oscura della pellicola all'uscita del fotomoltiplicatore non si avrà alcun impulso; viceversa se la zona è trasparente; ciò è segnalato al calcolatore attraverso il comando "set flag". In base al programma il calcolatore deciderà quale punto dovrà esplorare successivamente.

Caratteristica di questo sistema è che la foto durante l'analisi è fissa e funziona come memoria ad accesso casuale; il dispositivo di scanning è completamente asservito al calcolatore e da esso comandato.

Con tale schema si è ottenuta una diminuzione di un fattore da 10 a 50 circa dei tempi di scanning per fotogramma rispetto al tempo impiegato da un operatore umano esperto; le velocità di analisi sono di circa 3000 - 5000 foto/ora.

SISTEMA DI SCANNING CRT 31/7040. -

1) PREMESSA.

Sono stati studiati due sistemi operanti in connessione con i calcolatori IBM 1620, 7040 con scanning tipo random-access.

a) Accoppiamento di un CRT 30 (della DEC) ad un calcolatore tipo IBM 1620 in dotazione dei Laboratori Nazionali di Frascati. - Da un progetto tempo fa eseguito risulta che i tempi di analisi per fotogramma sono dell'ordine di quelli necessari ad un operatore umano per eseguire lo stesso lavoro, cioè circa un minuto primo per foto. Ciò è dovuto principalmente al codice base usato dall'IBM 1620 (binary-coded-decimal) che rende estremamente lento il trasferimento dei dati dal calcolatore al CRT 30. Per tali ragioni questo sistema non verrà ulteriormente considerato.

b) Accoppiamento del CRT 31 (della DEC) con il calcolatore IBM 7040 (eventualmente mediante collegamento a distanza con un ponte radio o cavo telefonico). - Dal progetto effettuato, e trattato in questa sede, risulta che i tempi di scanning sono dell'ordine di 3000 foto/ora, cioè circa 1/20 dei tempi impiegati da un operatore umano.

2) DESCRIZIONE GENERALE DEL SISTEMA CRT 31/7040.

Il posizionamento dello spot sul CRT 31 è effettuato dal calcolatore. Le coordinate corrispondenti al punto sul CRT sono presenti ad una uscita del calcolatore (Direct Data Channel), sotto forma di numero binario di 24 bits (12 per asse). Un convertitore digitale-analogico (intrinseco al CRT 31 stesso) provvede, con la necessaria precisione e stabilità, a trasformare tale numero in due tensioni applicate alle placchet

4.

te verticali ed orizzontali dell'oscillografo. Un sistema di lenti forma sul film una immagine del CRT. Un fotomoltiplicatore posto sul retro rivela il grado di trasparenza del film nel punto corrispondente (v. fig. 2), Con

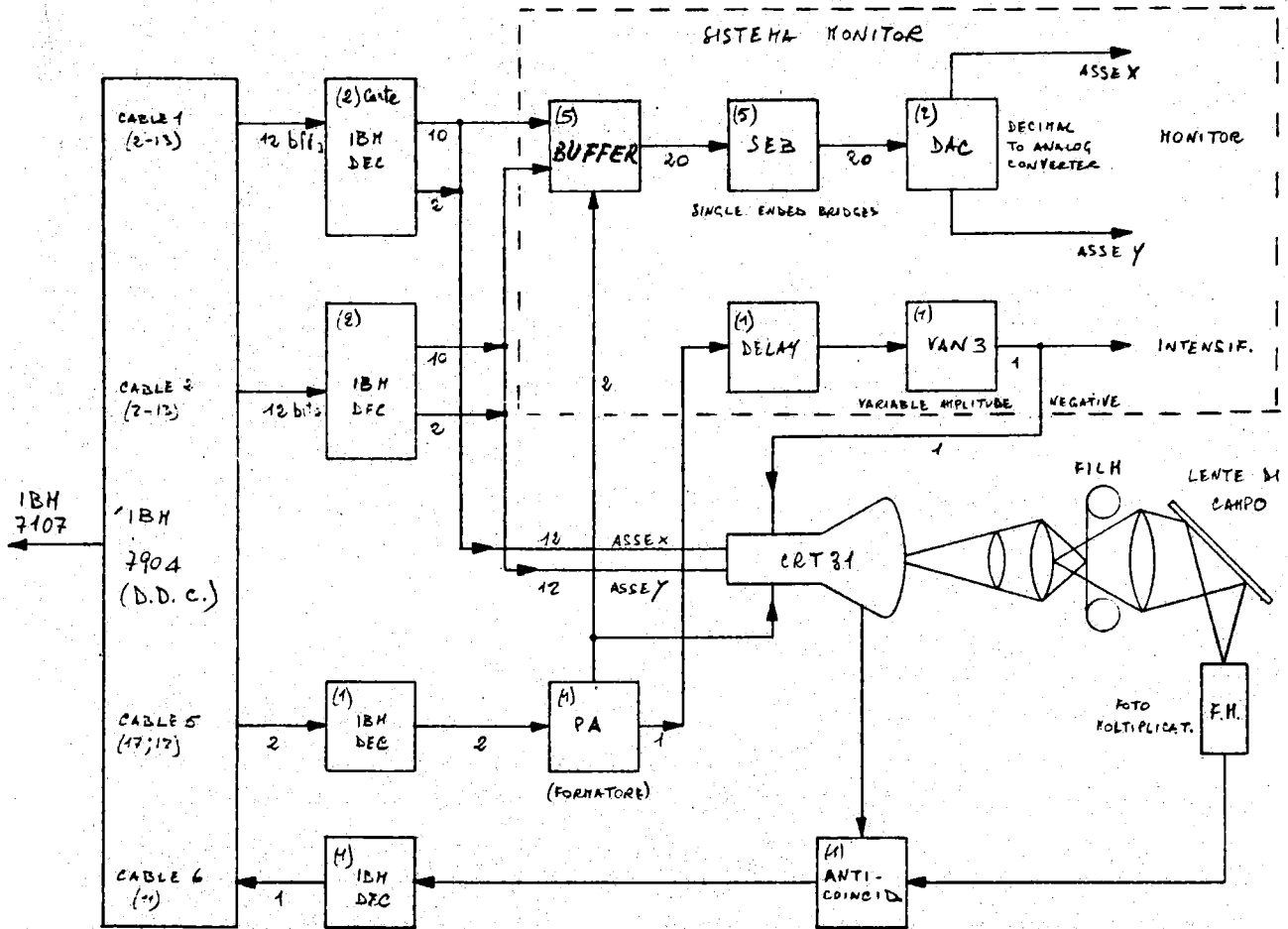


FIG. 2

un ritardo, funzione essenzialmente dello spostamento della traccia sul CRT, viene data al calcolatore la risposta relativa alla trasparenza del punto scelto. Tale risposta può o meno contenere informazione dettagliata sulla trasparenza.

3) COMPONENTI.

Le parti principali componenti il sistema di scanning sono:

- il Central Processor Unit (CPU) IBM 7107 ed il Direct Data Channel (DDC) IBM 7904 (v. figg. 2 e 3); ambedue le unità sono parti del sistema 7040;
- l'Interface o elettronica di adattamento;
- l'Oscilloscopio CRT 31 della DEC, comprendente il convertitore digitale-analogico, l'ottica e il rivelatore di luce;
- un Oscilloscopio monitor in parallelo al CRT;
- l'ottica.

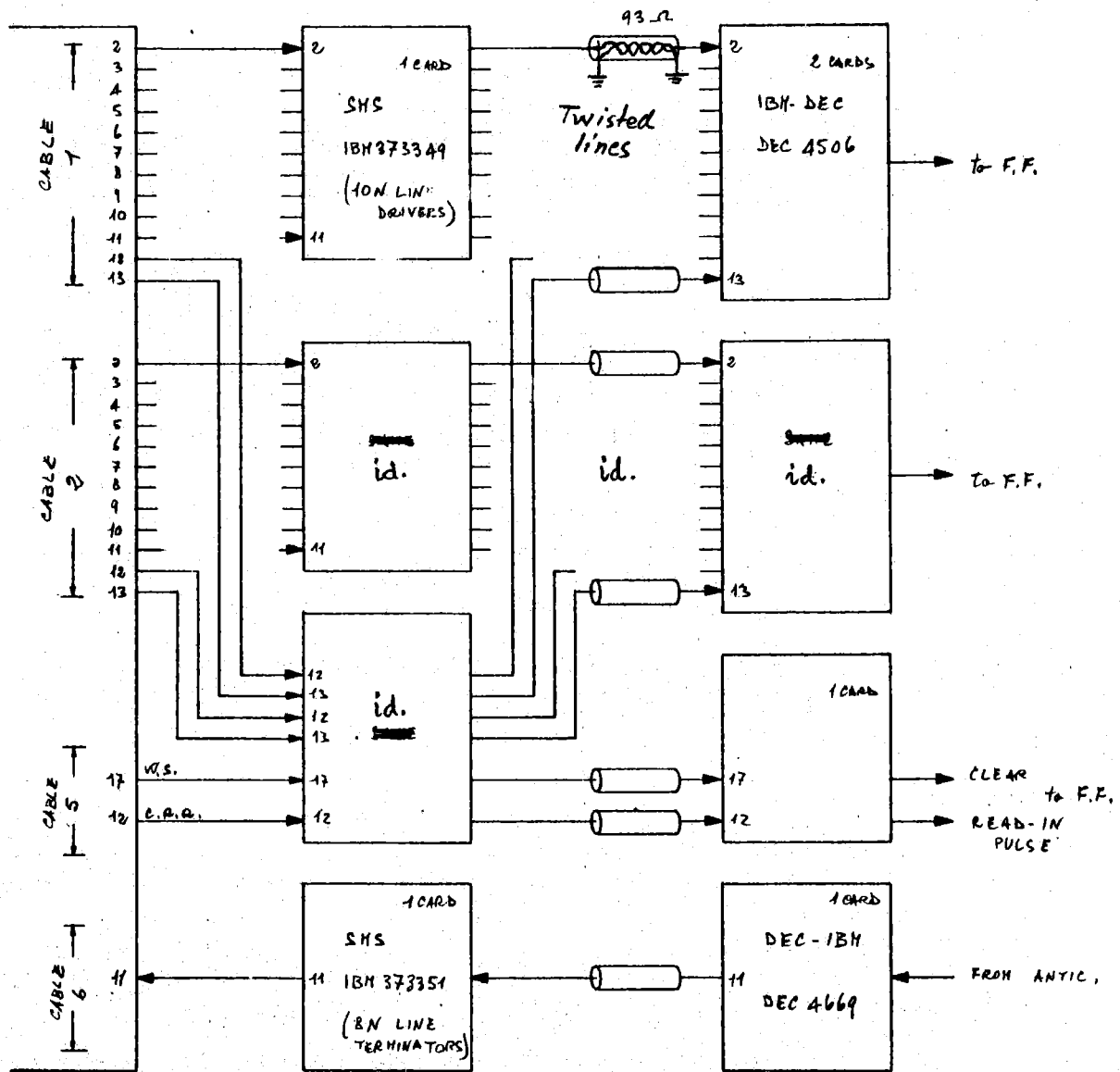


FIG. 3

a) Unità IBM 7904.

È l'unità periferica del sistema 7040 cui l'interfaccia va connesso. Poiché tale unità 7904, può essere usata in connessione con uno qualunque dei sistemi IBM 7040, 7044, 7090, 7094, un dispositivo di scanning può pertanto essere usato con uno qualunque di tali sistemi (salvo alcune minori modifiche dei programmi).

Il Direct Data Connection (DDC) del 7904 permette la trasmissione diretta (real time) fra il Central Processing Unit (IBM 7107) (CPU) ed il dispositivo esterno. Il DDC consiste di contatti che sono disponibili all'esterno corrispondenti alle seguenti linee o funzioni (v. tabella I):

- 36 data input lines + 1 parity check,
- 36 data output lines + 1 parity check,
- 20 sense lines,
- direct data interrupt e servizi.

La massima frequenza di trasferimento è di 62.500 Kc (corrispondenti ai due cicli macchina per dato trasferito nel 7040)^(6, 7). Tale

6.

frequenza deve essere comparata a quella di 20 Kc del CRT 31. Il programma pertanto deve tener conto di tale differenza di velocità. Infatti il ciclo base del 7040 è di $8 \mu\text{sec}$ per cui, supponendo che il calcolatore lavori soltanto in connessione col CRT, si hanno disponibili circa 6-7 cicli di calcolatore per punto.

b) Interface.

E' costituito (v. fig. 3) dai circuiti di adattamento dei livelli elettrici. Infatti i livelli delle tensioni adottate dalla IBM sono diversi da quelli della DEC ed è quindi necessario uno stadio di adattamento che ha anche lo scopo di rigenerare gli impulsi dopo l'attraversamento del cavo di collegamento fra calcolatore e CRT.

La IBM prevede per le apparecchiature esterne 2 possibili scelte⁽⁸⁾:

- 1.37 (0); +1.1 (1) (C line interface);
- 0.4 (0); +0.4 (1) (N line interface).

E' stato scelto il tipo N poichè la DEC costruisce tali circuiti di adattamento (Mod. 4669 per DEC in IBM; DEC Mod. 4506 per IBM in DEC)⁽⁹⁾. Ciascuna card è costituita da 6 circuiti di adattamento in parallelo.

c) CRT 31.

Si compone essenzialmente di un tubo a R. C. con relative alimentazioni stabilizzate ed amplificatori, di un convertitore digitale-analogico e di un normalizzatore d'ampiezza degli impulsi. Quest'ultimo ha lo scopo di rendere la variazione d'ampiezza degli impulsi di ingresso minore della long term stability (0.3%) pur accettando all'ingresso impulsi (provenienti dall'interface) di ampiezza variabile da -2.5 a -5 V.

Il numero di bits accettati in parallelo all'ingresso è 24 (12 per asse) (dei 36 - 1 bits disponibili (v. tab. I) solo 24 sono utilizzati). Tali livelli debbono essere presenti all'uscita dell'interface almeno $3 \mu\text{s}$ prima dei segnali di display al CRT (v. oltre). Per trasferirli è necessario un impulso che azzeri il display buffer (-2.5 V, $0.4 \mu\text{sec}$), seguito, dopo almeno $2 \mu\text{sec}$, da un'altro impulso delle stesse caratteristiche che comanda il trasferimento al buffer (v. fig. 2).

Tenuto conto di tutti i ritardi il tempo morto del CRT è di $50 \mu\text{sec}$.

In sistemi quali quello utilizzato da Deutsch, soltanto un bit di informazione (trasparente od opaco) può essere ottenuto dall'interrogazione del film. Ciò richiede l'uso di un discriminatore d'ampiezza. Con il 7040, per la sua maggiore flessibilità, l'ampiezza dell'impulso di uscita può anche essere opportunamente digitalizzata (massimo di 10 bits), e quindi essere inviata alle "sense lines" ed immagazzinata in memoria. L'aumento del tempo necessario ad immagazzinare tale informazione è di almeno 2 cicli/punto ($16 \mu\text{sec/punto}$ nel 7040). Tale possibilità non è stata contemplata nello schema di fig. 4.

Cable No.	Conductor No.	Signal	Cable No.	Conductor No.	Signal
1	1	Output Data Bus S	3	1	Input Data Bus S
1	2	" " " 1	3	2	" " " 1
1	3	" " " 2	3	3	" " " 2
1	4	" " " 3	3	4	" " " 3
1	5	" " " 4	3	5	" " " 4
1	6	" " " 5	3	6	" " " 5
1	7	" " " 6	3	7	" " " 6
1	8	" " " 7	3	8	" " " 7
1	9	" " " 8	3	9	" " " 8
1	10	" " " 9	3	10	" " " 9
1	11	" " " 10	3	11	" " " 10
1	12	" " " 11	3	12	" " " 11
1	13	" " " 12	3	13	" " " 12
1	14	" " " 13	3	14	" " " 13
1	15	" " " 14	3	15	" " " 14
1	16	" " " 15	3	16	" " " 15
1	17	" " " 16	3	17	" " " 16
1	18	" " " 17	3	18	" " " 17
1	19	Word Parity Error	3	19	Redundancy Check
1	20		3	20	
2	1	Output Data Bus 18	4	1	Input Data Bus 18
2	2	" " " 19	4	2	" " " 19
2	3	" " " 20	4	3	" " " 20
2	4	" " " 21	4	4	" " " 21
2	5	" " " 22	4	5	" " " 22
2	6	" " " 23	4	6	" " " 23
2	7	" " " 24	4	7	" " " 24
2	8	" " " 25	4	8	" " " 25
2	9	" " " 26	4	9	" " " 26
2	10	" " " 27	4	10	" " " 27
2	11	" " " 28	4	11	" " " 28
2	12	" " " 29	4	12	" " " 29
2	13	" " " 30	4	13	" " " 30
2	14	" " " 31	4	14	" " " 31
2	15	" " " 32	4	15	" " " 32
2	16	" " " 33	4	16	" " " 33
2	17	" " " 34	4	17	" " " 34
2	18	" " " 35	4	18	" " " 35
2	19	" " " C	4	19	" " " C
2	20	Spare	4	20	Spare
5	1	Sense Output 1	6	1	Sense Input 1
5	2	" " " 2	6	2	" " " 2
5	3	" " " 3	6	3	" " " 3
5	4	" " " 4	6	4	" " " 4
5	5	" " " 5	6	5	" " " 5
5	6	" " " 6	6	6	" " " 6
5	7	" " " 7	6	7	" " " 7
5	8	" " " 8	6	8	" " " 8
5	9	" " " 9	6	9	" " " 9
5	10	" " " 10	6	10	" " " 10
5	11	Sense Output Reset	6	11	Interrupt
5	12	Channel Ready Read	6	12	Remote Ready Read
5	13	Channel Ready Write	6	13	Remote Ready Write
5	14	Word Count Zero	6	14	End of Record
5	15		6	15	Suppress Word Parity
5	16	Sense Input Reset	6	16	
5	17	Write Select	6	17	
5	18	Read Select	6	18	
5	19		6	19	End of File
5	20		6	20	Direct Data Demand

TABELLA I

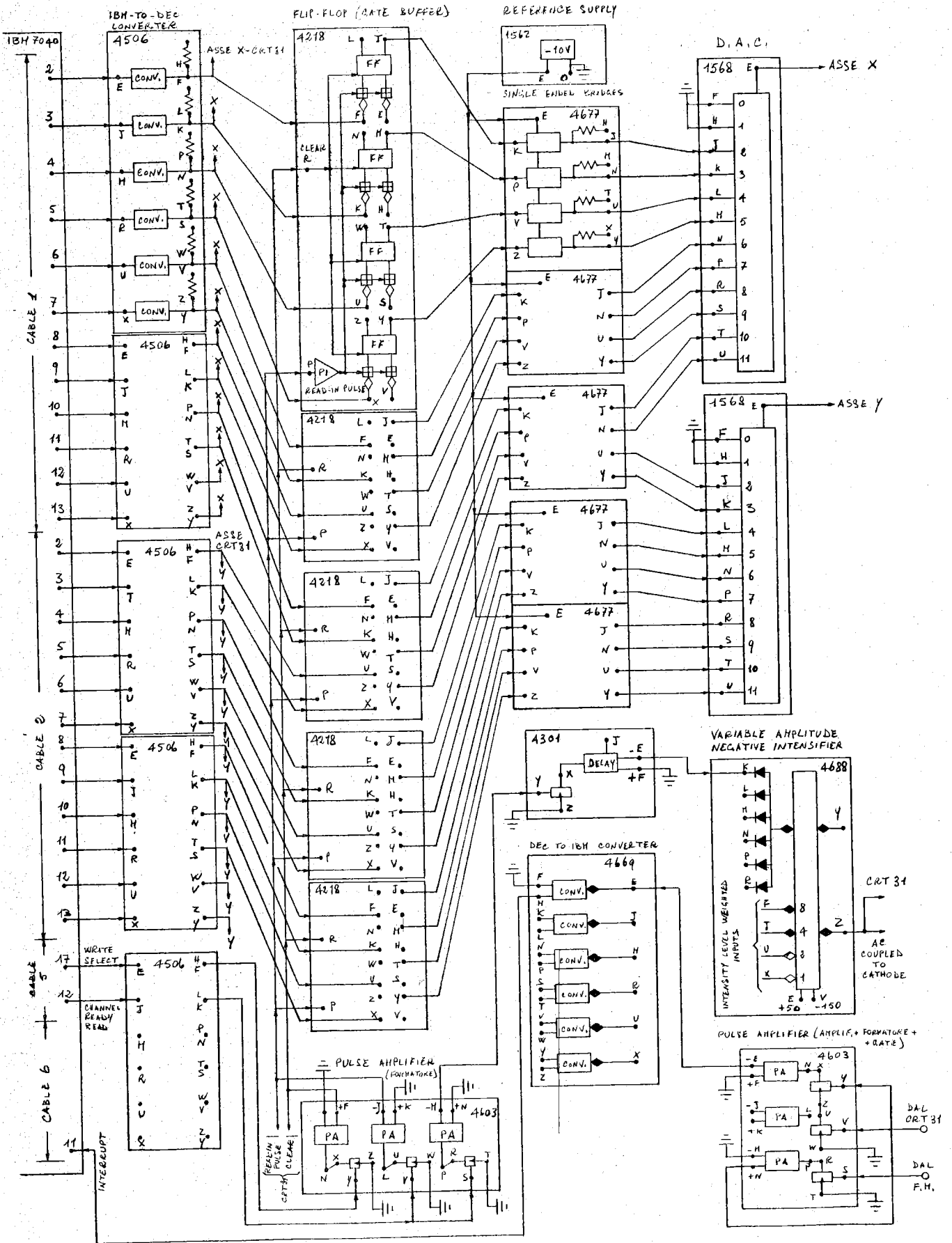


FIG. 4

d) Sistema monitor.

Tale sistema è essenzialmente una unità di scanning a bassa precisione che in fase iniziale può servire per la messa a punto dei programmi, simulando essa stessa il CRT 31. Successivamente, in fase finale, funzionerà come monitor in parallelo al CRT 31 (v. fig. 2).

La logica è molto simile a quella usata dal CRT 31; da esso ne differisce in precisione (minor numero di bit), in tipo di deflessione (elettrorostatica), in rapidità (è più rapido).

4) SEQUENZA LOGICA E TEMPORALE DELLE OPERAZIONI DEL SISTEMA. -

In quanto segue si fa riferimento alle figg. 2, 4, 5 per lo schema a blocchi, lo schema elettrico e la sequenza temporale del trasferimento dei dati rispettivamente. La fig. 3 rappresenta lo stadio di adattamento (interface) e la tab. I le possibili uscite della unità IBM 7904 DDC (Signal lines).

Le coordinate e gli impulsi di servizio sono presentati come livelli od impulsi al termine (o all'inizio per impulsi entranti nel 7040) di linee da 93 ohm (twisted lines) raggruppate in cavi (v. fig. 3). Tali linee terminano in convertitori di livello IBM → DEC di adattamento (DEC 4506).

L'assieme delle linee portanti l'informazione, di nostro interesse, sono, in riferimento alla tab. I :

- Cavo 1 : Conduttori da 2 a 11
- Cavo 2 : Conduttori da 2 a 11

per i livelli caratterizzanti le coordinate.

- Cavo 5 : Conduttore 12 (Channel Ready Read) e conduttore 17 (Write Select)

per gli impulsi di servizio.

- Inoltre Cavo 6 : Conduttore 11 (Interrupt)

per la risposta del sistema al calcolatore.

All'inizio del ciclo il calcolatore presenta le due coordinate sotto forma di 20 bit (10 per l'asse X, 10 per l'asse Y)^(x) all'ingresso di un gate (chiuso) che immette nel buffer (segnale 1, fig. 5).

L'impulso di W. S. , formato (pulse amplifiers, fig. 4; 2,3, fig. 5) azzerà i F. F. (Clear Pulse, Card 4218) dopo di che un successivo impulso del calcolatore (C. R. R.) apre i gate (Read-in pulse) permettendo l'immagazzinamento delle coordinate nel buffer (4, 5, 6, fig. 5).

Da questo istante, salvo trascurabili ritardi introdotti dai circuiti, le due coordinate sono presenti sulle placchette dell'oscilloscopio,

(x) - Per il sistema di scanning CRT 31, come già detto, le coordinate sono formate da 24 bit (12 per asse).

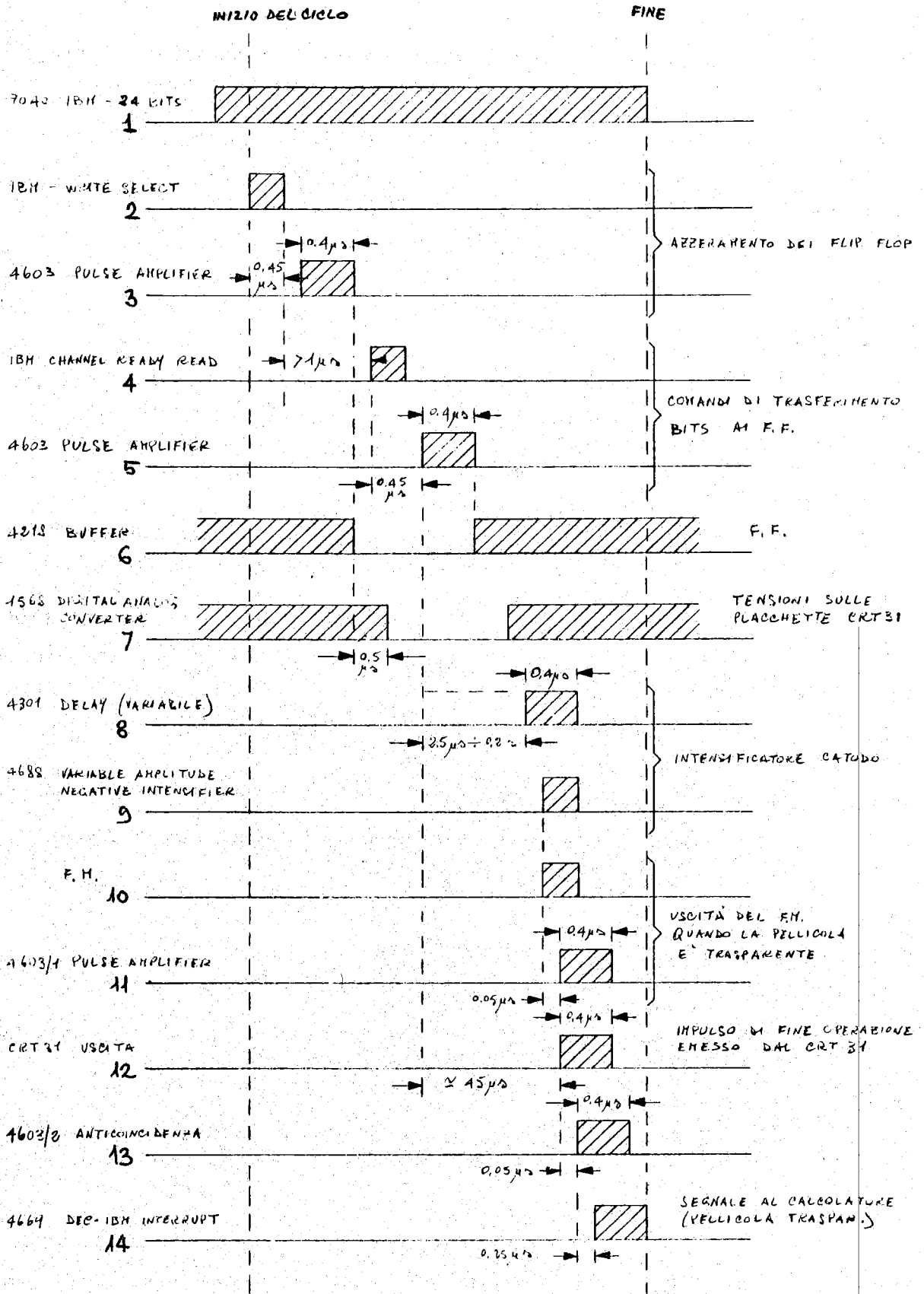


FIG. 5

dopo essere state convertite in livelli di tensione dal convertitore digitale-analogico a resistenze (D. A. C., Card 1568; 7, fig. 5). Prima della conversione, tuttavia, i livelli di uscita dai F. F. sono inviati ad un circuito di stabilizzazione dell'ampiezza (S. E. B., fig. 4) che rende l'ampiezza costante entro 0.1 %.

Il CRT usato come monitor è un oscilloscopio ad assi simmetrici Tek. 535. Il catodo del CRT è mantenuto ad un potenziale positivo superiore a quello di interdizione; la traccia è intensificata solo per un certo intervallo di tempo con un impulso negativo del circuito intensificatore (8,9, fig. 5). Tale impulso di intensificazione è ottenuto ritardando opportunamente l'impulso CR'R del calcolatore (4,5,8,9, fig. 5).

Il circuito di ritardo (Card. 4301, fig. 4) serve a simulare la costante di tempo introdotta dalla deflessione magnetica del CRT 31. Può essere variato da $2.5 \mu\text{sec}$ a 0.2 sec (8, fig. 5).

L'impulso (eventuale) proveniente dal fotomoltiplicatore è amplificato e fatto anticoincidere con l'impulso di fine operazione emesso dal CRT 31 (v. fig. 2; Pulse amplifier 2, fig. 4; 10,11,12,13, fig. 5).

L'uscita di tale coincidenza è, attraverso l'interface (DEC to IBM Converter, Card 4669, fig. 4), rimandata al 7040. Esso costituisce la risposta del dispositivo esterno al calcolatore (14, fig. 5)^(x).

In fase di messa a punto del sistema Monitor il ritardo variabile comanda un generatore d'impulso di durata variabile (non disegnato in figura), che serve a simulare l'impulso di fine operazione emesso dal CRT 31, la cui uscita va ad anticoincidere con l'impulso del fotomoltiplicatore (11), come specificato precedentemente.

BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - M. Deutsch et al., A photo-interpretative program for the analysis of spark chamber data, LNS Report (18. 2. 1963.).
- (2) - Proc. of the informal meeting on film-less spark chamber techniques and associated computer use, CERN Report 64-30 (1964).
- (3) - IEEE Trans. on Nuclear Sci., Ninth scintillation and semiconductor counter symposium, Washington (Febb. 1964).
- (4) - Giannelli, comunicazione personale.
- (5) - H. Anders et al., Colloque Int. Electronique Nucl. (Paris, 1964), pag. 349.
- (6) - IBM 7040 Student Text: General programming information, p. 113.
- (7) - IBM 7040 Reference manual.
- (8) - IBM 7040 Direct Data Connection.
- (9) - DEC Digital Modules, Maynard, Mass.

(x) - Nell'ipotesi che la traccia sulla foto sia opaca su fondo trasparente tale circuito sarà un'anticoincidenza. Nel caso di traccia trasparente su fondo opaco esso sarà una coincidenza.