

DESCRIZIONE DEL SISTEMA S.A.D.A.F. PER
LA LETTURA E DIGITALIZZAZIONE DI
FOTOGRAFMI.

L. Azzarelli - R. Panicucci

NOTA TECNICA C72-2

Maggio 1972

PREMESSA

Lo scopo di questa nota è di presentare e di fornire le informazioni necessarie per rendere accessibile all'utente, il sistema per la digitalizzazione e l'analisi automatica di fotogrammi realizzato in questo Istituto.

Daremo una descrizione della configurazione dell'intero sistema, scendendo nel dettaglio solo per tutte quelle apparecchiature che, per essere state progettate o modificate direttamente da noi, ne hanno bisogno per poter essere direttamente gestite dall'utente.

Dato che alcuni dispositivi ed apparecchiature periferiche, al momento della stesura di questa nota, non sono ancora collaudate o inserite, ne daremo la descrizione ed il metodo di utilizzazione, riservandoci di comunicare con una apposita nota di aggiornamento l'avvenuto inserimento. Tenendo presente che il sistema sopra citato è stato realizzato in un primo prototipo sperimentale, anche con lo scopo di individuare i problemi che si possono incontrare nel realizzare ed utilizzare macchine per l'esame automatico di fotogrammi, saremo grati a tutti coloro che verranno a collaborare per ampliarne o comunque migliorarne le prestazioni.

1 - Cenni sulle tecniche usate nei dispositivi per l'esplorazione e la misura della densità di un fotogramma

Analizzare una immagine, rappresentata su un qualsiasi supporto, significa esplorarne con raggio luminoso e per punti discreti l'intera superficie, e misurare per ogni punto esplorato la quantità di luce riflessa o trasmessa dal supporto su cui l'immagine è fissata, secondo che esso sia riflettente o trasparente.

La tecnica di misura maggiormente usata è sicuramente quella per luce trasmessa, sia per il più alto grado di precisione ottenibile, sia per la maggior semplicità di realizzazione del dispositivo di analisi.

Il grado di trasmissione T di un supporto è dato dal rapporto tra la quantità di luce trasmessa e la quantità di luce incidente; il suo inverso determina il grado di opacità O . La densità è infine data dal logaritmo decimale della opacità O .

Le tecniche per l'esplorazione e misura del gradiente di densità di un fotogramma, si differenziano essenzialmente nei punti seguenti:

- il tipo di sorgente luminosa utilizzata
- il metodo di scansione del raggio luminoso incidente sul fotogramma
- il metodo di rivelazione della luce trasmessa.

I tipi di sorgente luminosa maggiormente utilizzati possono essere: lampada a vapore di mercurio, fascio laser, punto luminoso mobile sullo schermo di un CRT.

Il metodo di scansione del raggio luminoso per esplorare l'immagine può essere: meccanico, ottico-meccanico, o elettronico.

Il sistema di rivelazione della luce trasmessa può essere realizzato con fotocellule, fotomoltiplicatori, vidicon, o qualsiasi altro tipo di dispositivo in grado di convertire segnali luminosi in segnali elettrici. È evidente che la scelta della sorgente luminosa condiziona la scelta del sistema di scansione del fascio luminoso che se ne ricava, per cui sorgenti fisse, come la lampada a vapore di mercurio o un fascio laser, necessitano, rispettivamente, di una scansione meccanica od ottico-meccanica; mentre l'utilizzazione di un punto illuminato sullo schermo di un tubo a raggi cato-

dici, deve prevedere evidentemente una scansione elettronica sul tubo stesso. Nei sistemi utilizzando come rivelatore il tubo vidicon, la sorgente luminosa è fissa, mentre la scansione è elettronica all'interno del tubo.

L'utilizzazione di dispositivi a luce fissa presenta notevoli vantaggi, tra i quali i principali sono: la grande intensità del fascio luminoso incidente che, dipendendo solo dal dimensionamento della sorgente, determina una semplificazione del sistema di rivelazione; la grande risoluzione ottenibile, in quanto questa dipende oltre che dall'ottica di focalizzazione sul fotogramma, comune daltronde a tutti i sistemi, dal grado di precisione del dispositivo meccanico di scansione e dalla possibilità, sempre meccanica, di ottenere fasci luminosi incidenti di sezione molto piccola (nei dispositivi utilizzando lampade a vapori di mercurio si possono ottenere sorgenti luminose incidenti sul fotogramma di 5-10 micron, mentre per i sistemi a laser si possono raggiungere anche diametri di 1-2 micron).

I dispositivi a luce fissa presentano daltronde il grande inconveniente di poter eseguire solamente scansioni sequenziali e di avere una velocità di analisi relativamente piccola, poiché questa dipende dalla massima velocità realizzabile dal meccanismo di scansione.

L'utilizzazione di una sorgente luminosa proveniente da un punto mobile sullo schermo di un tubo a raggi catodici, permette la realizzazione di sistemi quasi compatibili, a livello della precisione e risoluzione, con quelli a scansione meccanica anche se decisamente molto più costosi, complessi e delicati. Inoltre, dipendendo il posizionamento del punto luminoso sullo schermo del CRT, direttamente da segnali elettrici fornibili dall'esterno (coordinate X, Y), è possibile guidarlo a piacere con un calcolatore opportunamente programmato. Ciò implica che si può accedere con accesso casuale a qualsiasi punto del fotogramma, permettendo, ad esempio, l'inseguimento programmato di sottoinsiemi della immagine globale, con notevolissimo risparmio di tempo e minimizzazione del numero dei dati di uscita, cosa questa della massima importanza se si vuole avere una reale possibilità di elaborazione con tempi e con costi accettabili. Per effetto dell'impiego di tecniche elettroniche la velocità di tale sistema di scansione può raggiungere valori molto elevati. Qualunque sia il dispositivo di analisi utilizzato, l'informazione luminosa in uscita dal fotogramma viene campionata e con-

vertita in informazione digitale, secondo funzioni lineari o logaritmiche a seconda che si voglia misurare il grado di opacità o la densità del fotogramma.

Queste informazioni digitali possono essere introdotte in un calcolatore per successive elaborazioni o rese disponibili mediante un opportuno organo di uscita.

1.1. - Configurazioni del sistema automatico di analisi di fotogrammi S.A.D.A.F.

In Fig. 1 si può vedere come è configurato, a grossi blocchi, il sistema automatico per l'analisi di fotogrammi (S.A.D.A.F.) messo a punto in questo Istituto. I blocchi contrassegnati con un asterisco, devono intendersi già disponibili, ma ancora non collaudati in modo soddisfacente al momento della stesura della presente nota. I blocchi contrassegnati con due asterischi devono essere ancora installati, pur essendo previsti e commissionati.

Qui di seguito verranno brevemente elencati i singoli blocchi, e di ciascuno verranno date le specifiche principali mentre per altre informazioni verranno dati riferimenti per la consultazione di manuali già predisposti dalle ditte fornitrici.

1.2. - Il calcolatore

Il calcolatore utilizzato è un D.E.C. PDP8/I caratterizzato da parole di lunghezza fissa di 12 bits, tempo di ciclo di 1,5 usec, capacità di memoria di 8192 parole, aritmetica in virgola fissa, moltiplicazione e divisione programmata. Lo scambio dei dati tra il calcolatore e le apparecchiature periferiche può avvenire tramite l'accumulatore ed un unico "bus" di ingresso-uscita, o attraverso un canale D.M.A. che permette l'accesso diretto alla memoria. Quest'ultimo canale, commutabile su più periferiche mediante il dispositivo "multiplexor DMO1 D.E.C.", permette il collegamento di apparecchiature veloci e sequenziali come: disco magnetico, nastro magnetico e lettore ottico di fotogrammi, sfruttando il sistema di interruzione di ciclo del calcolatore. Questa interruzione, che dura tre cicli nel caso del disco e del nastro e un ciclo nel caso del lettore ottico, viene utilizzata per il trasferimento di un dato dalla apparecchiatura periferica alla memoria del calcolatore.

1.3. - Disco magnetico

E' il disco magnetico tipo DF32 della D.E.C., avente accesso casuale a 32K parole di 12 bits, più parità. Opera sul canale DMA con interruzione di tre cicli. Il tempo medio di accesso é di 20 msec, mentre il tempo di lettura e scrittura per parola é di 56 usec.

1.4. - Nastro magnetico

E' costituito da una unità a nastro magnetico D.E.C. a 9 tracce (modello TU10) e da un controllo D.E.C. (modello TC58). Il TU10 scrive ad una densità di 800 bits per pollice con una velocità di trasferimento di 36.000 caratteri al secondo. Opera sul canale D.M.A. con interruzione di tre cicli.

1.5. - Display a memoria

E' costituito dal visualizzatore a memoria KV8/I D.E.C., munito di una elettronica in grado di generare e memorizzare sullo schermo di un CRT di 210x165 mm.: vettori lineari corti e lunghi, vettori circolari, archi corti e lunghi e singoli punti. La massima densità di registrazione é di 30.000 punti discreti risolvibili. La velocità di accesso é di 30.000 punti al secondo, 225 vettori lunghi al secondo o 1.750 vettori corti al secondo. Il sistema di indirizzamento permette di individuare sullo schermo una matrice di 1.024x1.024 punti. Il KV8/I é provvisto di un dispositivo capace di esplorare, mediante uno spot luminoso non memorizzabile sullo schermo, un qualsiasi punto dello schermo e determinarne le coordinate x,y che possono, su richiesta, essere introdotte nel calcolatore. Ciò rende possibile un colloquio operatore-macchina. Inoltre é possibile, con programma di libreria, generare e registrare sullo schermo 64 distinti caratteri alfanumerici alla densità massima di 76x54 caratteri e la velocità é di 350 caratteri al secondo.

1.6. - Perforatore di nastro

E' un perforatore Teletype funzionante alla velocità massima di 120 caratteri al secondo. Esso può perforare una banda di carta

sia su 8 piste senza parità, sia con opportuni comandi, su 6 piste più una di parità generata automaticamente.

1.7. - Lettoce veloce di banda

E' un lettore fotoelettrico di banda perforata ad 8 piste, funzionante alla velocità massima di 1000 caratteri al secondo; non è munito di controllo automatico di parità.

1.8. - Telescrivente di ingresso-uscita

E' una telescrivente teletype modello ASR33, munita di lettore e perforatore di nastro a 8 piste. La velocità di questa apparecchiatura, che può funzionare in linea con il calcolatore o fuori linea, è di 10 caratteri al secondo.

1.9. - Stampante

E' una stampante che può stampare fino ad un massimo di 132 caratteri per riga. La velocità di stampa, che dipende dal numero di caratteri per riga che si vuole stampare, varia da un massimo di 1200 righe di stampa al secondo, per 20 caratteri, ad un minimo di 300 righe al secondo per 132 caratteri. Questo dispositivo, al momento della stesura della presente nota, non è stato ancora inserito nel sistema, pur essendo stato commissionato alla D.E.C..

1.10 - Lettoce ottico di fotogrammi

Il lettore ottico di fotogrammi è un dispositivo in grado di misurare, per punti discreti, il grado di trasparenza di un fotogramma e di inviarne l'immagine digitale al calcolatore, rappresentata su 64 livelli di grigio possibili. Il lettore utilizza, come sorgente di luce analizzante, il fascio luminoso proveniente da un punto illuminato dello schermo di un tubo a raggi catodici. Il posizionamento di questo punto sullo schermo avviene automaticamente in base alle coordinate fornite dal calcolatore.

Come appare dallo schema a blocchi di Fig. 2, la comunicazione tra il calcolatore ed il lettore avviene sempre mediante il canale pro-

grammato. La comunicazione si stabilisce a seguito di una interruzione di programma conseguente al verificarsi di un determinato evento esterno (ad esempio il completamento di un'operazione precedentemente avviata).

La comunicazione inversa, cioè dal lettore al calcolatore, può invece avvenire seguendo due distinte vie: la prima è quella del canale programmato, attraverso quindi l'accumulatore, regolata anche questa dalla interruzione di programma; la seconda utilizza invece il canale ad accesso diretto alla memoria, mediante un multiplexor che può servire, con priorità cablate, anche il disco ed il nastro magnetico. Con questa via è possibile, mediante alcune operazioni preliminari, trasferire direttamente nella memoria veloce, a partire da un indirizzo assegnato per programma, una serie di dati letti dal fotogramma in esame. In questo caso la scansione del punto luminoso avviene in modo sequenziale ed automatico, secondo matrici rettangolari di dimensioni variabili assegnate per programma.

1.11. - Monitor

Come appare in Fig. 2, al lettore ottico è collegato un monitor munito di penna luminosa. Il monitor è costituito da un display a memoria (HP, modello 1311B) e da un controllo che permette la visualizzazione in tempo reale, del fotogramma in esame, con una scala continua e lineare di intensità luminosa, funzione, punto per punto, del grado di trasparenza del fotogramma. Le coordinate X e Y di questo display vengono prelevate all'uscita dello stesso convertitore digitale-analogico che pilota il CRT dell'analizzatore di fotogrammi, ed il controllo di intensità viene pilotato linearmente dalla tensione con la quale è stato convertito il flusso luminoso in uscita dal fotogramma. Ciò permette appunto la visualizzazione dell'immagine in esame, nel tempo reale di analisi, senza alcun intervento dall'esterno. Lo stesso display, mediante una commutazione manuale, permette la visualizzazione programmata della memoria del calcolatore con 64 possibili livelli di intensità luminosa.

Il monitor è stato provvisto di un dispositivo a penna luminosa. Questa è costituita da una guida di luce (fibra ottica), capace di raccogliere il flusso luminoso proveniente da un punto illuminato sullo schermo del CRT e da un fotomoltiplicatore, la cui funzione è quella di rivelare il flusso luminoso raccolto dalla guida di luce e tradurlo in

segnale elettrico che, opportunamente controllato, permette di individuare le coordinate X ed Y della posizione del punto luminoso stesso.

Per quanto sopra citato, data la contemporaneità di posizionamento e di illuminamento di un punto del CRT del lettore ottico e di quello del monitor, le coordinate X ed Y del punto esplorato possono essere evidentemente individuate nella memoria del calcolatore, purché vi rimangano memorizzate per il tempo necessario al calcolatore per interrogare lo stato della penna luminosa. Opportunamente programmato, il calcolatore può quindi simulare un inseguimento della penna, purché la si sposti sullo schermo del monitor in modo sufficientemente lento.

L'utilità principale della penna luminosa consiste nella possibilità di colloquio fra operatore e macchina, necessario, ad esempio, in fase di premisura per individuare e delimitare zone del fotogramma di particolare interesse, sulle quali si intende successivamente effettuare la scansione e la misura.

In attesa della consegna del display HP modello 1311, il monitor é stato realizzato in una versione provvisoria che impiega un tubo a raggi catodici sprovvisto di memoria, destinato ad essere sostituito da quello definitivo entro un periodo che, alla stesura della presente nota, si pensa sia di circa due mesi.

2. - Formato dell'istruzione

Il collegamento tra calcolatore e lettore avviene mediante una serie di istruzioni, delle quali verranno date più avanti le specifiche dettagliate. Queste istruzioni, appartenendo alla classe delle istruzioni di entrata-uscita previste dal sistema PDP8/I, hanno un tempo d'esecuzione fisso di 4,25 usec e sono così configurate:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	bits della parola del PDP8/I
1	1	0, X	X	X	X	X	X	X, Y	X	Y	Y	rappresentazione binaria
6		,	X	,	X	,	X	,	X			" ottale

I primi tre bits più significativi individuano, con il codice ottale 6, l'appartenenza dell'istruzione alla classe di quelle di entrata-uscita; i restanti bits sono un'estensione del codice operativo e determinano l'apparecchiatura su cui l'istruzione agisce, nonché il tipo di operazione. In particolare ai bits 9-11 corrisponde l'invio al dispositivo interessato di tre possibili impulsi (IOP), che si succedono in sequenza alla distanza di 0,8 usec. A ciascun impulso (IOP 1, IOP 2, IOP 4) corrisponde in linea generale una determinata funzione. Con una stessa istruzione può essere eseguita una sequenza di funzioni logicamente compatibili, prevedendo mediante bits 9-10-11 l'invio consecutivo di uno, due o tre impulsi di IOP.

2.1. - Interfaccia e controllo

Il collegamento fisico tra calcolatore e lettore ottico, è effettuato attraverso (Fig. 3) un circuito di interfaccia il cui compito è quello di adattare i livelli e la logica tra i due dispositivi; inoltre spetta all'interfaccia riconoscere e controllare, a livello periferico, le istruzioni relative al lettore ottico.

L'interfaccia si può considerare divisa in tre sezioni destinate rispettivamente alla comunicazione programmata tra calcolatore e lettore; all'accesso diretto tra il lettore e la memoria del calcolatore; alle linee di controllo, le quali trasportano informa-

zioni necessarie per il corretto sincronismo, elettronico o programmato, tra calcolatore e unità periferiche.

Al canale programmato sono collegati:

- a) BMB 3 - 8 6 linee di uscita relative al registro di uscita della memoria per la decodifica delle istruzioni.
- b) BOP1 3 linee relative agli impulsi decodificabili nel calcolatore per la gestione delle istruzioni di cui sopra.
- BOP2
- BOP4
- c) BAC 0 - 11 12 linee relative all'uscita dell'accumulatore del calcolatore.
- d) AC 0 - 11 12 linee relative all'ingresso dell'accumulatore

Al canale per l'accesso diretto sono collegate:

- a) DA 0 - 11 12 linee in ingresso al calcolatore, relative agli indirizzi di memoria in cui si deve fare il trasferimento delle informazioni digitalizzate in caso di lettura automatica a matrice (vedi par. 2.4.)
- b) DB 0 - 11 12 linee in ingresso al calcolatore relative alle informazioni ottenute con il procedimento di cui sopra.

Al canale dei controlli sono collegate le linee di:

- a) Richiesta di interruzione di programma (interrupt)
- b) comando di salto condizionato (SKIP)
- c) richiesta di interruzione di ciclo (BREAK)
- d) avviso di indirizzo accettato (A. Accepted)
- e) avviso alla apparecchiatura periferica che è stato avviato un ciclo di break (B. BREAK)
- f) indicazione del verso di trasferimento.

In questo e nei successivi paragrafi, viene illustrato più in dettaglio, seguendo gli schemi a blocchi riportati in Figg. 3 e 5, sia il funzionamento che le modalità d'uso del lettore di fotogrammi utilizzato nel sistema SADAF.

Per comodità si seguirà il criterio di dividere l'argomento secondo le funzioni che ciascuna parte del lettore svolge, esponendole nell'ordine che l'operatore dovrà seguire.

2.2. - Sistema di deflessione (Fig. 3)

Come è stato accennato precedentemente nel paragrafo 1.10, la scansione del punto luminoso sullo schermo del CRT del lettore ottico, può essere fatta punto a punto, o secondo matrici rettangolari in modo automatico e sequenziale. Nel primo caso, il posizionamento del punto luminoso sullo schermo del CRT è individuato mediante le coordinate, fornite direttamente dal calcolatore attraverso l'accumulatore, il cui contenuto è inviato alla elettronica di deflessione attraverso l'interfaccia ed il commutatore KCD che è normalmente aperto su questa via.

Nel secondo caso invece il KCD lascerà passare le coordinate x , y provenienti dal sistema automatico di scansione che, ricevute a sua volta, sempre dall'accumulatore, le coordinate iniziali e finali della matrice, genererà entro queste dimensioni una scansione sequenziale (Fig. 4).

In entrambi i casi, per ogni punto analizzato, l'informazione rivelata e controllata dal discriminatore a rapporto viene digitalizzata e memorizzata nel registro di lettura (RL).

Utilizzando il sistema punto a punto, il contenuto di RL deve essere raccolto e inviato, tramite il canale programmato, nell'accumulatore e di qui in memoria mediante opportune istruzioni del PDP8/I; utilizzando invece la lettura automatica e matrice, il contenuto di RL è inviato direttamente ed in modo automatico nella memoria del calcolatore sfruttando il canale DMA.

2.3. - Deflessione punto a punto

Osserviamo ora più in dettaglio le operazioni necessarie per eseguire questo tipo di deflessione.

Per individuare un qualsiasi punto dello schermo sono evidentemente necessarie due coordinate x , y che devono essere trasferite nei registri RCX e RCY (vedi Fig. 4) dall'accumulatore del calcolatore. Poiché il numero massimo dei punti individuabili sullo schermo del CRT è di 1024×1024 , per i corrispondenti indirizzi binari sono necessari dieci bits dell'accumulatore del calcolatore, per cui, dato che la parola del PDP8/I è di dodici bits, si deve caricare prima

una coordinata e successivamente l'altra.

I due registri RCX e RCY sono collegati a due convertitori digitali-analogici, il cui compito, con l'ausilio di opportuni amplificatori, è quello di tradurre gli indirizzi digitali in corrispondenti correnti necessarie per pilotare le bobine di deflessione del CRT.

Con il duplice scopo di permettere un accesso casuale ad uno qualsiasi dei punti selezionabili sullo schermo e di ottenere la massima luminosità di picco, il fascio elettronico viene attivato mediante, un impulso inviato sul catodo del CRT, solo per un tempo relativamente breve e soltanto quando le correnti di pilotaggio delle bobine si siano completamente stabilizzate. L'accuratezza di questa stabilizzazione contribuisce notevolmente a determinare il grado di precisione del posizionamento del punto luminoso sullo schermo del CRT.

Per quanto detto, risulta chiara la necessità di dare l'ordine di attivazione del fascio, solo dopo avere caricato nei registri RCX e RCY entrambe le coordinate. Questo comando può essere associato alla stessa istruzione di caricamento della seconda coordinata (vedi lista di istruzioni). Un ritardo fisso di 25 usec., inserito nel controllo dell'intensificazione, assicurando la completa stabilizzazione delle correnti di deflessione, provvede ad una corretta temporizzazione.

Il fascio rimane intensificato per dieci usec., tempo questo strettamente necessario per la rivelazione del flusso luminoso trasmesso dal fotogramma, per la conversione analogico-digitale del segnale rivelato e per la memorizzazione del segnale convertito nel registro di lettura RL. Al termine quindi del tempo di intensificazione, l'informazione relativa al punto esplorato è pronta per essere trasferita, con appropriate istruzioni, nell'accumulatore del calcolatore.

Il corretto sincronismo è affidato ad un registro indicatore che, pilotato ad uno al completamento dell'intero ciclo di lettura, è in grado, purché sia stato abilitato con apposita istruzione, di determinare una interruzione del programma eventualmente in esecuzione nel calcolatore, che quindi lo può interrogare garantendo una corretta temporizzazione nella scansione e nella conseguente lettura.

Data la struttura dei registri RCX e RCY, é necessario che siano sempre azzerati prima di ogni trasferimento tendente a modificarne il contenuto. Tenendo inoltre presente che la deflessione del fascio catodico é determinata dal contenuto dei registri di indirizzo, é evidente che il contenuto di questi non può essere modificato fino al completamento dell'intero ciclo di lettura.

Da quanto detto, si può ricavare che, sfruttando la tecnica di interrupt, il minimo tempo di ciclo é determinato dalla somma dei seguenti tempi:

- tempo di attesa necessario alla stabilizzazione delle correnti di deflessione;
- tempo di intensificazione del punto sul CRT;
- tempo occorrente per il caricamento delle coordinate, ammesso che queste possano essere calcolate dal calcolatore contemporaneamente alla lettura del punto precedentemente selezionato.

Questo tempo totale di ciclo risulta essere di circa 50 usec.

In Fig. 6 si può vedere come vengono individuati, con le relative coordinate, espresse in ottale, i punti dello schermo del CRT inclusi nella sua area utile.

2.4. - Deflessione automatica a matrice

In Fig. 5 é schematizzato il dispositivo per la deflessione del punto luminoso sullo schermo del CRT secondo matrici rettangolari, all'interno delle quali la scansione é di tipo sequenziale secondo lo schema rappresentato in Fig. 6.

Come si vede, il dispositivo é costituito da:

- a) Due registri contatori RXI e RYI in cui devono essere caricate inizialmente, dai bits 2-11 dell'accumulatore del PDP8, le coordinate x e y del punto iniziale k della matrice. I contenuti in questi due registri, che verranno incrementati ad ogni passo di scansione, rappresenteranno le coordinate dei punti contenuti all'interno della matrice.
- b) Due registri RXF e RYF in cui devono essere caricate inizialmente, dai bits 2-11 dell'accumulatore del PDP8, le coordinate del punto finale (h) della matrice.

- c) Un registro contatore RIM in cui deve essere caricato, dai bits 0-11 dell'accumulatore, l'indirizzo iniziale di memoria da cui si desidera incominciare il trasferimento dei dati digitali letti durante la scansione.
- d) Due reti logiche di confronto ICX e ICY aventi il compito, unitamente al controllo, di determinare la corretta sequenza di scansione secondo lo schema già citato, nonché il completamento della operazione.
- e) Un ultimo registro RICI che memorizza, per tutto il tempo di scansione della matrice, la coordinata iniziale X del punto d'origine K per poter rinizializzare il registro RXI ogniqualvolta si sia completata la scansione di una riga.

L'ordine con cui devono essere caricate le coordinate iniziali e finali della matrice è indifferente, mentre invece il caricamento dell'indirizzo di trasferimento deve essere fatto per ultimo, poiché questo trasferimento dà anche inizio alle operazioni di spazzolamento.

L'istruzione relativa, oltre a caricare il registro RIM, ha il compito di fare commutare, mediante il commutatore KCD (Fig. 3), gli ingressi dei registri di coordinate RCX e RCY sui contatori RXI e RYI, e di dare inizio alla sequenza di scansione e intensificazione del punto sullo schermo del CRT.

Per ogni punto della matrice specificata, al termine di ogni ciclo di lettura completo, si ha una richiesta di interruzione del ciclo del calcolatore e l'informazione contenuta nel registro RL viene trasferita in memoria mediante il DMA all'indirizzo definito dal registro contatore di indirizzi RIM.

Il contenuto di questo registro viene quindi incrementato di uno dopo ogni trasferimento. Contemporaneamente dopo il caricamento in RCX (Fig. 3) viene incrementato di uno anche il registro contatore RXI, finché la rete di confronto ICX non indica che il valore attuale delle coordinate X è uguale o maggiore a quella finale, nel cui caso viene rinizializzato RXI trasferendovi il valore memorizzato in RICI e incrementato il registro contatore della coordinata Y, RYI. Con ciò si è ultimata la scansione di una riga ed il ciclo si ripeterà per tante volte quante sono le righe della matrice, che sarà ultimata quando anche la rete ICY verificherà la relazione YI maggiore o uguale a YF. L'operazione di scansione sarà ultimata

quando XI XF e YI YF, nel cui caso verrà pilotato a "uno" un registro indicatore in grado di determinare un interrupt sul calcolatore, segnalando quindi la fine operazione.

Per ogni punto di scansione della matrice rettangolare definita, viene trasferito in memoria un dato numerico; l'insieme di questi dati é organizzato in un vettore continuo la cui origine é all'indirizzo iniziale definito in RIM e la cui lunghezza dipende dal numero di punti da cui risulta essere costituita la matrice. Questo numero dipende anche dal passo di scansione scelto, che può essere di 1, 2, 4 o 8 corrispondente ad una risoluzione di 1024, 512, 256 o 128 righe. Il passo di scansione per l'asse X e l'asse Y viene trasferito dai bit 0-1 dell'accumulatore, nei registri di passo RFX e RPY, con le stesse istruzioni di caricamento dei registri RXI e RYI (vedi la lista di istruzioni).

Durante il tempo di trasferimento dell'intera matrice, vengono disabilitati automaticamente i contenuti degli indicatori di avanzamento fotogramma, di allarme e di fine ciclo di lettura, punto a punto, in modo che, nella eventualità che sia stato abilitato il sistema di interrupt, non possa essere determinata alcuna interruzione se non al verificarsi della condizione di fine trasferimento di tutti i dati relativi alla matrice.

Con questo tipo di deflessione, rimanendo costanti i tempi necessari alla scansione del punto luminoso, ed alla misura del segnale rilevato all'uscita del fotogramma, il tempo necessario per un ciclo completo di lettura si riduce a 38 usec, a cui si deve aggiungere il tempo di interruzione del ciclo del PDP8 e quello di trasferimento per un totale di 4,5 usec.. Durante i 38 usec. del ciclo di lettura il calcolatore é interamente utilizzabile.

Come é stato già detto in precedenza, il sistema ha a disposizione un solo canale DMA commutabile però, mediante il multiplexer DMO1 sul disco magnetico, sul nastro magnetico e sul lettore ottico durante la lettura secondo matrici rettangolari.

Nel servire queste apparecchiature il DMO1 segue, nell'ordine sopra riportato, delle priorità caltate, che possono però essere modificate facilmente spostando dei connettori.

2.5. - Sistema ottico e rivelatore (Fig. 5)

Il sistema ottico é costruito da una camera in cui é inserita, in un apposito supporto, la pellicola da analizzare. La pellicola può essere fatta avanzare di un fotogramma alla volta manualmente, mediante apposito pulsante posto sulla camera, oppure mediante l'esecuzione da programma di una apposita istruzione. In questo caso, a operazione ultimata, viene pilotato a "uno" un indicatore interrogabile dal calcolatore mediante una istruzione di salto condizionato.

La camera é dotata di un obiettivo il cui compito é quello di focalizzare il punto luminoso dello schermo del CRT sul piano della pellicola. All'interno dell'obiettivo é posto un diaframma fisso, il cui compito é quello di limitare allo stesso modo, tutti i fasci luminosi incidenti, che altrimenti lo sarebbero dalla montatura delle lenti, ma in modo diverso in funzione dell'angolo solido sotto cui l'obiettivo vede il punto luminoso. A causa di ciò, pur utilizzando lenti piuttosto luminose, si é costretti a diaframmare notevolmente riducendo quindi notevolmente l'energia luminosa incidente sulla pellicola.

Un sistema di lenti, poste dopo la pellicola, ha il compito di focalizzare tutta l'area utile del fotocatodo di un fotomoltiplicatore sulla pupilla di entrata costituita dal diaframma.

Due sono i criteri per cui si preferisce focalizzare il fotocatodo sul diaframma piuttosto che sul piano della pellicola.

Il primo rispecchia l'esigenza di non esplorare il fotocatodo nella stessa maniera con cui si esplora la pellicola, dato che la mancanza di omogeneità del deposito fotosensibile deformerebbe la misura; il secondo é dovuto alla necessità di vedere, dal fotocatodo, tutti i punti sotto lo stesso angolo solido? Se quest'ultima condizione non fosse osservata non si potrebbero discriminare più di 4-5 livelli di grigio. Infatti, per motivi di ingombro ed ottici, la distanza fotocatodo-pellicola é piuttosto piccola e gli angoli solidi sono quindi molto diversi da punto a punto del fotocatodo e così pure l'energia luminosa incidente.

2.6. - Sistema di correzione

Nonostante gli accorgimenti usati per ridurre gli errori di misura, alcuni di questi non si possono eliminare con soluzioni ottiche, come, ad esempio, il fatto che la quantità di energia che concorre a

formare le varie immagini sul piano della pellicola, è funzione dell'angolo solido sotto cui l'obiettivo vede il punto luminoso che si sposta sullo schermo del CRT. A ciò si deve aggiungere che il punto luminoso sullo schermo non emette una quantità di luce costante per vari motivi, come ad esempio: la non omogeneità del deposito di fosforo sullo schermo del CRT, la scarsa omogeneità della densità di corrente delle spot elettronico da punto a punto dello schermo, la non costanza del coefficiente di trasferimento del vetro sul CRT, variazioni della EAT, ecc.

Per ridurre questi effetti negativi che falserebbero la misura, è stato introdotto all'interno della camera uno specchio semitrasparente che devia il 50% della luce incidente, convogliandola, mediante un sistema di lenti, su un secondo fotomoltiplicatore (fotomoltiplicatore di correzione), anch'esso focalizzato sul diaframma. La corrente che si ricava in uscita viene usata come informazione di correzione.

La correzione può essere fatta sia a livello del CRT, controllando opportunamente il fascio elettronico (con un certo rischio peraltro di ridurre la vita media del tubo a raggi catodici) oppure, ed è questo il metodo utilizzato nel lettore ottico in oggetto, facendo il rapporto tra la corrente di uscita dal fotomoltiplicatore e di correzione con la corrente di uscita dal fotomoltiplicatore di misura. Questo rapporto tenderà a mantenersi costante nella misura con cui si mantengono egualmente lineari e costanti le caratteristiche di trasferimento dei due fotomoltiplicatori nonché i due rispettivi canali di amplificazione. La scrupolosa osservanza di ciò determina, insieme al rumore dei fotomoltiplicatori, il numero massimo di livelli di grigio con cui è possibile quantizzare il segnale di misura.

2.7. - Discriminatore a rapporto e convertitore A/D

E' un dispositivo predisposto per effettuare la correzione di cui è stato dato cenno in par. 2.6. Esso è costituito essenzialmente da due amplificatori logaritmici che amplificano le correnti di uscita dei due fotomoltiplicatori, e da un amplificatore differenziale, a guadagno e soglia variabili manualmente che ne calcola la differenza e fornisce in uscita un segnale proporzionale al logaritmo del rappor-

to delle due correnti. Questo rapporto si mantiene costante per tutte le possibili variazioni del flusso luminoso (a qualsiasi causa determinato), purché comune ai due dispositivi di rivelazione, mentre varia in funzione della luce trasmessa dal fotogramma in misura.

Il segnale di uscita dal discriminatore viene convertito in forma digitale, mediante un convertitore A/D a sei cifre binarie, entro il tempo di permanenza del punto luminoso sullo schermo del CRT.

Poiché il convertitore A/D opera su segnali analogici compresi in un campo prefissato, è necessario, operando manualmente sull'amplificazione e soglia variabile dell'amplificatore differenziale, centrare secondo le esigenze del caso l'uscita del discriminatore entro il campo di misura del convertitore.

Ricordando che la densità di una pellicola fotografica è definita come il logaritmo del rapporto tra flusso luminoso incidente e flusso totale trasmesso, e che per quanto precedentemente esposto, l'uscita del discriminatore è funzione logaritmica del rapporto di due variabili a loro volta funzioni lineari del flusso luminoso incidente e trasmesso, si può dedurre che l'uscita del convertitore analogico digitale misura, quantizzandola su 64 livelli, la densità per punto del fotogramma in esame.

In Fig. 11 è rappresentata una famiglia di caratteristiche che danno la legge di variazione dell'uscita digitale espressa in livelli, in funzione di valori campioni di densità per diversi valori di soglia e mantenendo l'amplificazione costante.

Come si può vedere per i livelli corrispondenti alle densità maggiori, la curva perde in linearità, per cui è preferibile lavorare con immagini bianche su campo scuro, anche perché nei livelli più bassi risulta essere concentrato tutto il rumore dovuto alla scarsa omogeneità del fondo della pellicola nonché il rumore proprio del fotomoltiplicatore.

In Fig. 12 sono rappresentate le stesse caratteristiche tracciate con soglia costante e amplificazione variabile.

Il diagramma riportato in figura 11 è stato ricavato misurando in livelli di densità un fondo pellicola, effettuando una scansione

su tutta l'area utile alla risoluzione di 128x128 righe. Ripetendo questa misura, dopo gli intervalli di tempo segnati in figura, si nota che la distribuzione delle densità misurate rimane contenuta entro due valori (51, 52).

Il diagramma riportato in figura mette in evidenza, per ciascuna misura, la variazione del numero di punti appartenenti al livello di densità 51.

Il punto I è stato ottenuto facendo la misura con una temperatura ambiente minore.

2.8. - Registro di uscita (RU)

L'informazione su 6 bits in uscita dal convertitore A/D, c viene memorizzata in un registro (RU) di 12 bits, in grado quindi di impacchettare una o due informazione digitali relative all'esame di uno o due punti consecutivi del fotogramma. La scelta del modo con cui si intende operare (grado di impacchettamento) deve essere fatta prima dell'esame del fotogramma mediante impostazione manuale sul pannello di controllo. Nel caso in cui si sia scelto l'impacchettamento semplice, i 6 bits più significativi del registro RU sono forzati a zero ed i 6 meno significativi conterranno l'informazione relativa al punto esplorato.

Nel caso invece in cui si sia scelto l'impacchettamento doppio, i 6 bits più significativi di RU conterranno l'informazione digitale relativa al primo punto esplorato, ed i 6 bits meno significativi il secondo.

La possibilità di trasferire contemporaneamente nel calcolatore i dati relativi a due punti del fotogramma, permette un notevole risparmio di tempo, dato che altrimenti sarebbe necessario effettuare l'impacchettamento all'interno del calcolatore quando si desidera economizzare le posizioni della memoria.

Un'apposita istruzione, la LRL, è adibita al trasferimento del contenuto del registro di lettura nell'accumulatore sfruttando il canale programmato, mentre, nel caso di lettura del fotogramma con spazzolamento automatico a matrice, il contenuto del registro RU verrà trasferito automaticamente nella memoria del calcolatore.

Evidentemente in entrambi i casi nel trasferimento nell'accumulatore o in memoria, viene rispettato l'ordine con cui le informazioni sono state scritte nel registro di uscita RU a fine conversione.

Nel caso del trasferimento mediante canale programmato, è essenziale essere sicuri che l'informazione, relativa ad un determinato punto analizzato, sia pronta prima di chiederne il trasferimento nell'accumulatore del calcolatore (Vedi lista delle istruzioni).

Si distinguono due casi, a seconda che si operi ad impacchettamento semplice o doppio. Nel primo caso, dato che l'intera operazione di rivelazione e digitalizzazione avviene durante la durata di intensificazione del punto luminoso analizzante, per rilevare il corretto caricamento del registro RU in AC, può essere utilizzato lo stesso indicatore (FD) previsto per la corretta temporizzazione nel caricamento delle coordinate X e Y. Questo indicatore è in grado di determinare un interrupt al calcolatore che quindi lo può interrogare mediante una istruzione di salto condizionato (DSF).

Nel secondo caso il conteggio del numero dei punti analizzati può essere fatto per programma, oppure si può sfruttare un ulteriore indicatore (FM2L) interrogabile mediante una istruzione (LSD). L'andata 1 di questo indicatore sta a dichiarare l'avvenuta digitalizzazione di due punti consecutivi del fotogramma. Questa possibilità permette un ulteriore risparmio del tempo di macchina. Nel caso infine del trasferimento, sfruttando il canale DMA, su richiesta di lettura automatica a matrice, un indicatore di fine trasferimento (IFT) è abilitato a determinare un interrupt sul calcolatore dichiarante che è stata ultimata la lettura relativa a tutti i punti della matrice e determinare quindi la fine del trasferimento.

2.9. - Avanzamento pellicola.

Come è già stato accennato in precedenza, è possibile analizzare sequenzialmente più fotogrammi di uno stesso film comandando, dal calcolatore, l'avanzamento automatico, fotogramma per fotogramma, mediante l'istruzione CAF. Ad operazione ultimata viene pilotato un indicatore in grado di determinare un interrupt sul calcolatore. Questo indicatore può essere interrogato mediante l'istruzione di

salto condizionato SFA.

L'avanzamento della pellicola può essere eseguito anche mediante apposito comando manuale posto sulla camera stessa.

2.10.- Allarmi

Sono previsti otto allarmi che vengono memorizzati in un ugual numero di registri (Vedi lista di istruzioni).

Al verificarsi di un qualsiasi allarme, viene pilotato ad "uno" un registro indicatore generale di allarme RA, in grado di determinare un interrupt sul calcolatore. Con apposite istruzioni, questo indicatore può essere interrogato ed azzerato.

A seguito di una interrogazione, il contenuto di tutti i registri di allarme possono, simultaneamente con l'istruzione TRA, essere trasferiti nell'accumulatore del calcolatore per un eventuale riconoscimento.

2.11. - Richiesta di monitoraggio

Esaminando una sequenza di fotogrammi su film, può rendersi necessario, in particolare dopo un avanzamento, visualizzare sul monitor il fotogramma in esame per controllarne il posizionamento ed eventualmente le condizioni di misura. A seguito di questo esame si può operare sia sulla soglia che sulla amplificazione, come si può variare l'area di analisi del fotogramma mediante l'intervento dell'operatore che, con la penna luminosa, può rilevare ed inviare al calcolatore le coordinate iniziali e finali della matrice che si vuole esaminare.

L'istruzione ARM richiede l'intervento dell'operatore pilotando un registro indicatore (RM) ed accendendo una spia luminosa, mentre il calcolatore provvede ad uno spazzolamento completo del CRT (con apposito sottoprogramma) permettendo quindi la visualizzazione del fotogramma.

Ad operazioni di monitoraggio ultimata, l'operatore, premendo un apposito pulsante, azzerà il registro di richiesta monitoraggio e pilota ad uno dei registri generali di allarme, restituendo quindi

il controllo del lettore ottico al calcolatore (Vedi paragrafo 2.10.).

Evidentemente ciò é possibile solo se, al termine di ogni ciclo completo di scansione, il programma prevede una interrogazione del registro di allarme, oppure se é abilitato l'intervento del sistema interrupt.

2.12. - Penna luminosa 370 N

Il monitor é dotato di una penna luminosa costituita da una guida di luce, in grado di trasmettere, se posizionata sullo schermo del CRT, il flusso luminoso relativo ad uno spot sul fotocatodo di un fotomoltiplicatore. Il segnale che se ne ricava in uscita, opportunamente temporizzato durante la durata dell'intensificazione dello spot stesso, pilota un indicatore in grado di comandare un interrupt al calcolatore. Evidentemente le coordinate relative al punto richiesto sono reperibili in memoria in quanto sono servite per determinare il posizionamento del punto stesso sullo schermo del CRT.

2.13. - Abilitazione dei registri indicatori

Avendo il PDP8/I un solo canale di interrupt, il quale daltronde serve più apparecchiature, per semplificarne la gestione almeno in determinati casi, si é ritenuto opportuno adibire le due istruzioni (DBI e ABI) all'abilitazione e disabilitazione di alcuni indicatori. Essi sono: l'indicatore di fine conversione (FD), l'indicatore di fine avanzamento fotogramma (IFA) e l'indicatore di allarme (RIA). Queste istruzioni si limitano a consentire o inibire che l'informazione contenuta nei registri indicatori possa determinare un interrupt, senza peraltro modificare il contenuto dei registri stessi. La scelta dell'indicatore su cui si intende operare viene fatta utilizzando i tre bits meno significativi dell'accumulatore; questi tre bits vengono trasferiti con le stesse istruzioni DBI e ABI in tre appositi registri (Vedi lista di istruzioni).

E' opportuno ricordare la necessità di azzerare, mediante le apposite istruzioni, gli indicatori dopo che sono stati utilizzati. Tutti gli indicatori vengono automaticamente azzerati premendo il pulsante di avvio del calcolatore.

3. - Istruzioni per la gestione del lettore ottico

Qui di seguito vengono elencate e descritte in dettaglio tutte le istruzioni riguardanti l'analizzatore ottico. Il formato e la tecnica di esecuzione di queste istruzioni rispettano le specifiche fornite dalla Digital per il PD98/T, per cui, essendo alcune di esse combinabili in sequenza, verranno qui di seguito specificate sia per l'esecuzione individuale, sia per le esecuzioni combinate quando sono logicamente compatibili.

Istruzioni relative alla lettura punto a punto

Istruzioni di caricamento delle coordinate x, y del CRT del lettore.

a) (DAX) Azzeramento del registro della coordinata x

Codice operativo	6351
Operazione	Viene azzerato il registro RCX adibito alla memorizzazione della coordinata x, in attesa del caricamento di un nuovo indirizzo.
0 RCX	

b) (DAY) Azzeramento del registro di coordinata y

Codice operativo	6361
Operazione	Viene azzerato il registro RCY adibito alla memorizzazione della coordinata y, in attesa del caricamento di un nuovo indirizzo.
0 RCY	

c) (DCX) Azzeramento e scrittura nel registro di coordinata x

Codice operativo	6353 (istruzione combinata)
Operazione	Viene azzerato il registro della coordinata x(RCX) in cui vengono quindi caricati i bits $AC_2, AC_3, \dots, AC_{11}$ dell'accumulatore.
0 RCX	
$AC_i (i=2,11)$ RCX	

d) (DCY) Azzeramento e scrittura nel registro di coordinata y

Codice operativo	6363 (istruzione combinata)
Operazione	Viene azzerato il registro della coordinata y(RCY) in cui vengono quindi caricati i bits $AC_2, AC_3, \dots, AC_{11}$ dell'accumulatore.
0 RCY	
$AC_i (i=2,11)$ RCY	

e) (DIX) Comando di intensificazione dell'asse x del CRT

Codice operativo 6354
Operazione Con un impulso di 10P4 viene iniziato il processo di intensificazione del punto selezionato con le coordinate y, x precedentemente caricate in RCY e RCX. Dopo 25 usec., a partire da questo impulso, il punto viene intensificato per 10 us; al termine di questo tempo viene pilotato il registro indicatore (PI), in grado di determinare, se abilitato, un interrupt. Questo comando può essere combinato in sequenza con la DCX.

1 FD

f) (DIY) Comando di intensificazione dell'asse y del CRT

Codice operativo 6364
Operazione Si comporta come la precedente con la sola differenza che è combinabile in sequenza con la DCY.

1 FD

g) (DSX) Comando di sequenza completa per coordinata x

Codice operativo 6357 (istruzione combinata)
Operazione Viene azzerato il registro di coordinata x(RCX) quindi in esso viene caricata la nuova coordinata dall'accumulatore AC, ed infine intensificato, con un ritardo di 25 us, il punto selezionato sullo schermo del CRT.

0 RCX
AC_i (i=2,11) RCX
intensifica
1 FD

Evidentemente questo comando deve essere dato dopo un precedente caricamento della coordinata y. Al termine del tempo di intensificazione, e quindi, dopo che il dato relativo al punto analizzato è memorizzato nel registro di lettura RL, viene caricato il registro indicatore FD in grado di determinare un interrupt sul calcolatore.

h) (DSY) Comando di sequenza di coordinata y

Codice operativo 6367 (istruzione combinata)
Operazione Si comporta come la precedente DSX, con la sola differenza che opera sul registro della coordinata y. Questo comando deve essere dato dopo un precedente caricamento della coordinata x.

0 RCY
AC_i (i=2,11) RCY
1 FD

1) (DSF) SKIP se il registro di fine conversione é a 1

Codice operativo	6301
Operazione	Se il registro di fine intensificazione e conversione (FD) é a 1, viene incrementato il contatore di istruzione PC omettendo quindi l'esecuzione dell'istruzione successiva.
SE FD=1 allora	
PC + 1 PC	

1) (DAF) Azzeramento del registro di fine operazione FD

Codice operativo	6302
Operazione	Viene azzerato il registro indicatore di fine conversione FD.

Istruzioni relative al trasferimento nel calcolatore delle informazioni digitalizzate.

Per quanto esposto nel paragrafo 2.8, nel caso in cui si usi l'impacchettamento singolo, cioè quando si predispone in RL e si trasferisce in AC il dato relativo ad un solo punto, il sincronismo si ottiene con l'esecuzione della DSF precedentemente descritta. Nel caso invece in cui si usi l'impacchettamento doppio, cioè quando si predispone in RL e si trasferiscono in AC contemporaneamente i dati relativi a due punti del fotogramma, oltre alla ovvia possibilità di usare la DSF ed eseguire il conteggio nel calcolatore per richiedere il trasferimento dopo l'esame di due punti del fotogramma, si può sfruttare con la seguente istruzione l'informazione contenuta nel registro indicatore FM2L, che sta ad indicare l'avvenuto impacchettamento in RL dei dati relativi a due punti del fotogramma.

(LSI) SKIP se il registro indicatore FM2L é a 1

Codice operativo	6371
Operazione	Se il registro FM2L di memorizzazione doppia é a 1 il contatore di istruzioni PC viene incrementato di 1 e di conseguenza viene omessa la esecuzione dell'istruzione successiva.
Se FM2L=1 allora	
PC+1 PC	

(LAI) Azzeramento del registro RL e dell'indicatore FM2L

Codice operativo 6374
Operazione Vengono azzerati il registro di lettura RL ed il
0 RL registro indicatore FM2L che rileva la memorizza-
0 FM2L zione doppia.

(LRL) Trasferimento nell'accumulatore AC del contenuto del registro di uscita RL.

Codice operativo 6376 (istruzione combinata)
Operazione Il contenuto del registro di lettura RL viene tra-
sferito nell'accumulatore AC, dopo di che i regi-
stri RL e FM2L vengono automaticamente azzerati.
RL_i (i=0,11) Nel caso che sia stato previsto l'impacchetta-
mento singolo, i bits RL₀, RL₁, ..., RL₅ contengono
0 mentre i bits RL₅, RL₇, ..., RL₁₁ contengono la
AC_i (i=0,11) informazione utile.
0 RL Nel caso invece in cui sia stato previsto l'impac-
chettamento doppio, i bits RL₀, RL₁, ..., RL₅
0 FM2L contengono l'informazione relativa al primo punto
esaminato ed i rimanenti il secondo punto.
L'indicatore FM2L può essere interrogato con la
istruzione LSI ma non é in grado di determinare
l'interrupt sul calcolatore.
E' opportuno ricordare che l'esecuzione della LRL
non prevede l'azzeramento preventivo di AC, per
cui dovrà essere previsto il suo azzeramento prima
di eseguire una 2RC.

Istruzioni relative alla scansione automatica secondo matrici rettangolari

Per quanto esposto nel paragrafo 2.4, per inizializzare la scan-
sione automatica di una matrice é necessario caricare dall'accumulatore:

- a) i registri RXI, RYI; RXP, RYP con le coordinate iniziali e finali della matrice;
- b) il registro contatore RIM con l'indirizzo della cella a partire dalla quale i dati relativi ai punti scanditi devono essere memorizzati;

c) i registri RPX ed RPY con i valori della risoluzione con cui si desidera analizzare il fotogramma.

A tale scopo sono disponibili le seguenti istruzioni:

a) (CXI) Caricamento della coordinata X del punto iniziale

Codice operativo	6332
Operazione	Viene caricato il registro di coordinata
$AC_i (i=0,1)$ RFX	X iniziale (RXI) con il contenuto dei
$AC_i (i=2,11)$ RXI	bits $AC_2, AC_3, \dots, AC_{11}$ dell'accumulatore ed il registro di passo per l'asse X RFX con i contenuti dei bits 0 e 11 dell'accumulatore.

b) (CYI) Caricamento della coordinata Y del punto iniziale

Codice operativo	6334
Operazione	Viene caricato il registro di coordinata
$AC_i (i=0,1)$ RPY	Y iniziale (RYI) con il contenuto dei
$AC_i (i=2,11)$ RYI	bits $AC_2, AC_3, \dots, AC_{11}$ dell'accumulatore ed il registro di passo per l'asse Y RPY con il contenuto dei bits 0 e 1 dell'accumulatore.

c) (CXF) Caricamento della coordinata X del punto finale

Codice operativo	6342
Operazione	Viene caricato il registro di coordinata
$AC_i (i=2,11)$ RXF	X finale (RXF) con il contenuto dei bits
	$AC_2, AC_3, \dots, AC_{11}$ dell'accumulatore.

d) (CYF) Caricamento della coordinata Y finale

Codice operativo	6344
Operazione	Viene caricato il registro di coordinata
$AC_i (i=2,11)$ RYF	Y finale (RYF) con il contenuto dei bits
	$AC_2, AC_3, \dots, AC_{11}$ dell'accumulatore.

e) (CIT) caricamento dell'indirizzo iniziale di trasferimento

Codice operativo	6331
Operazione	Viene caricato il registro contatore di indirizzo di memoria RIM con il contenuto dell'accumulatore, quindi inizia il processo di spazzolamento automatico, secondo la matrice precedentemente definita con i suoi vertici. I dati relativi ad ogni punto esplorato e digitalizzato vengono trasferiti automaticamente in memoria, con impacchettamento semplice o doppio, all'indirizzo stabilito dal contenuto corrente del contatore RIM. Il tipo di impacchettamento (semplice o doppio, vedi paragrafo 3.1) deve essere impostato <u>manualmente</u> sulla tastiera del pannello di comando prima dell'esame del fotogramma. Al termine dello spazzolamento di tutti i punti della matrice viene pilotato un indicatore (IFI) in grado di determinare un interrupt del calcolatore. Questo indicatore è interrogabile mediante istruzione.
0	IFT
	RIMO-11
$AC_i (i=0,11)$	RIM
Inizio spazzolamento	
1	IFT

f) (SFT) SKIP se l'indicatore di fine trasferimento è a 1

Codice operativo	6341
Operazione	Se l'indicatore di fine trasferimento IFT è a 1, il contatore d'istruzione del calcolatore viene incrementato di uno e quindi viene omessa l'esecuzione dell'istruzione successiva.
Se IFT=1 allora:	
PC+1	PC

Istruzioni relative all'avanzamento pellicola

a) (SFA) SKIP condizionato dallo stato dell'indicatore di fine avanzamento.

Codice operativo	6311
Operazione	Se il registro indicatore di fine avanzamento IFA é nello stato "1", il contatore di istruzioni del calcolatore PC viene incrementato di uno e quindi viene omessa l'esecuzione dell'istruzione successiva.
Se IFA=1 allora:	
PC+1 PC	

b) (AIA) Azzeramento dell'indicatore di fine avanzamento

Codice operativo	6312
Operazione	Viene azzerato il registro indicatore di fine avanzamento IFA.
0 IFA	

c) (CAF) Avanzamento di un fotogramma

Codice operativo	6314
Operazione	Viene attivato il motore di trascinamento del film, determinando l'avanzamento di un fotogramma. Ad avanzamento ultimato, viene pilotato l'indicatore di fine avanzamento IFA
Avanzamento fotogramma	
1 IFA	

d) (SAF) Sequenza completa di avanzamento di un fotogramma

Codice operativo	6316 (istruzione combinata)
Operazione	E' costituita dalla combinazione delle due istruzioni AIA e CAF.
0 IFA	
Avanzamento	
1 IFA	

Istruzioni di allarme

a) (SIA) SKIP condizionato dallo stato del registro di allarme

Codice operativo 6321
Operazione Se il registro indicatore RIA di allarme é nello stato 1, il contatore di istruzioni del calcolatore PC viene incrementato di uno e quindi viene omessa l'esecuzione della istruzione successiva.
Se RIA=1,
PC+1 PC

b) (ARA) Azzeramento dell'indicatore di allarme

Codice operativo 6322
Operazione Viene azzerato il registro indicatore di allarme RIA
O RIA

c) (TRA) Trasferimento nell'accumulatore del contenuto dei registri di allarme (RA_1, RA_2, \dots, RA_8)

Codice operativo 6324
Operazione I registri RA1-8 contenenti l'informazione relativa alla causa di allarme vengono trasferiti nell'accumulatore per poter essere analizzati. Dopo il trasferimento, i registri TRA di allarme vengono azzerati.
 $RA_i (i=1,8)$
 $AC_j (j=4,11)$
O $RA_i (i=1,8)$

d) (ARAT) Azzeramento del registro di allarme (RIA) e trasferimento dei registri RA 1-8 nel calcolatore

Codice operativo 6326 (istruzione combinata)
Operazione Esegue le operazioni previste dalla ARA e TRA combinandole in sequenza.
O RIA
 $RA_i (i=1,8)$
 $AC_j (j=4,11)$

Come si é detto nel paragrafo sono previsti otto registri di allarme che vengono automaticamente caricati a uno quando si verificano i seguenti eventi:

RA1	Allarme di fine nastro del perforatore
RA2	" di apparecchiatura non pronta
RA3	Allarme
RA4	"
RA5	"

Il caricamento di un qualunque registro di allarme determina automaticamente anche il caricamento del registro di allarme generale RIA in grado di provocare un interrupt.

Istruzioni di abilitazione degli indicatori

La funzione di queste istruzioni è stata già esposta nel paragrafo 2.13. Normalmente tutti gli indicatori vengono abilitati con il comando di start del calcolatore e con l'azzeramento manuale posto sul pannello di controllo.

a) (DBI) Disabilitazione degli indicatori

Codice operativo	6142
Operazione	Vengono caricati, dall'accumulatore, i tre bits meno significativi rispettivamente nei registri AB1, AB2, AB3 di abilitazione secondo le corrispondenze riportate sotto.
AC9-11 AB3-1	L'uscita del registro indicatore individuato viene disabilitata sia per l'interrupt sia per lo skip. Il contenuto dei registri non viene modificato.
AC _i (i=9,11)	
AB _j (j=1,3)	

b) (ABI) Abilitazione degli indicatori

Codice operativo	6144
Operazione	Vengono caricati dall'accumulatore i tre bits meno significativi rispettivamente nei registri AB1, AB2, AB3, sempre secondo la corrispondenza sotto riportata. L'uscita degli indicatori così individuati è resa azzerante per l'interrupt e lo skip.
AC9-11 AB3-1	

AC9	individua l'indicatore di fine conversione e digitalizzazione
AC10	" " " " avanzamento pellicola
AC11	" " di allarme

Appendice 1

Riepilogo delle caratteristiche essenziali del lettore ottico

- a) Formato del fotogramma 24x36 mm.
- b) Area utile di esame 24x24 (1)
- c) Analisi del fotogramma per punti discreti (1024x1024 punti)
- d) Lettura per punti con accesso casuale
- e) Lettura sequenziale per matrici rettangolari dimensionabili per programma
- f) Diametro dello spot nella zona centrale del fotogramma $40 \pm 3 \mu$ (2)
- g) Risoluzione massima con modulazione al 50%, 1024 righe
- h) Risoluzione 1000x1000 righe con modulazione al 50%
- i) Campionamento per ogni punto in 64 livelli possibili
- l) Ripetibilità della conversione mantenuta entro ± 1 livello
- m) Misura diretta della densità ottica ($\log T$) (3)
- n) Traslazione e ampliamento del campo di misura mediante un amplificatore con soglie ed amplificazione variabili
- o) Tempo minimo per l'analisi di un punto e per il trasferimento dell'informazione digitalizzata: 35 μ sec
- p) Avanzamento del fotogramma comandato automaticamente per programma
- q) Massima capacità del serbatoio del film: 25 m di pellicola

1) Questa area utile può essere spostata all'interno del formato 24x36 regolando il posizionamento iniziale della pellicola.

2) Per determinare il diametro dello spot con uno spazzolamento orizzontale continuo, (ved. Fig. 7a)), si è analizzata l'uscita luminosa di un vetrino avente 2 righe trasversali. Dal foto-

gramma di Fig. 7 risulta che il diametro é di circa 40 μ , cioè si ammette una risoluzione con modulazione del 60%, di circa 50 righe mm. Questa risoluzione decresce naturalmente verso i bordi del fotogramma. Da notare che lo spot misurato é maggiore di quello incidente e questo per non indifferenti effetti di trasmissione ottica all'interno della pellicola, nonché per effetti di rifrazione e diffrazione ai bordi delle linee trasparenti. Questi effetti possono essere riconosciuti esaminando le Figg. 7b) e 7c) che rappresentano rispettivamente la legge di variazione delle densità di un vetrino campione e l'andamento del segnale all'uscita del discriminatore durante una scansione per punti discreti lungo questa retta.

Come si vede, alla brusca variazione di densità del vetrino, corrisponde una variazione più lenta. Ciò é dovuto al fatto che gli spostamenti non sono continui ed a fenomeni di diffrazione e rifrazione.

In 7d) si può notare la distribuzione dei livelli nell'uscita digitalizzata.

- 3) Volendo risolvere tutti i possibili 64 livelli di densità, é consigliabile comunque lavorare con soglia 0 e amplificazione nominale perché un aumento dell'amplificazione riduce la precisione di misura. In Fig. 8 é riportata la distribuzione degli errori sull'intera area utile esaminata, in assenza della pellicola, con risoluzione 128x128 righe. L'amplificazione risulta essere del 10% maggiore di quella nominale. Misure fatte a risoluzioni maggiori non comportano significative variazioni allo schema di distribuzione. Un maggiore addensamento in alto della Fig. 8 é dovuto alla non omogeneità del vetrino trasparente.

Appendice 2

Criteri di scelta e trattamento dei supporti fotografici

Allo scopo di facilitare l'utente nella scelta della pellicola fotografica più opportuna, sia al livello fotografico che a quello successivo di analisi con il lettore ottico, sono state riportate alcune misure relative alla densità ottica del supporto effettuate su 12 tipi di pellicole scelte fra quelle maggiormente usate.

Per ogni tipo di pellicola si sono fatte più misure analizzando, alla risoluzione di 1024x1024 righe, l'intero formato di 24x24 mm. Le pellicole sono state fissate, lavate ed asciugate con la massima cura, per cui le misure sono da considerarsi ottimali.

In realtà bisogna considerare che una meno accurata manipolazione del supporto fotografico (cattiva asciugatura, graffi, macchie, depositi di polvere e difetti di costruzione) possono spostare, anche notevolmente, i dati riportati nella seconda colonna verso valori di densità maggiori e distribuire statisticamente i valori di densità entro un numero di livelli maggiori. Evidentemente se ciò si verifica rende del tutto inutile cercare di risolvere l'immagine in un elevato numero di livelli di densità.

In particolare bisogna tener presente che le rigature meccaniche della pellicola (dovute spesso a cattivo trascinarsi della macchina da ripresa, e non sempre eliminabili), se hanno uno spessore dell'ordine di grandezza del punto luminoso analizzante, possono dar luogo, per effetti ottici, anche ad una quasi totale dispersione della luce incidente. A causa di questo fatto si può avere, in corrispondenza di questi graffi, una indicazione di densità ottica molto diversa da quella realmente rilevabile dall'occhio.

Per quanto detto, nei casi in cui interessi una elevata risoluzione di densità ottica, bisognerà scegliere i tipi di pellicola che presentano, oltre alle necessarie caratteristiche di sensibilità ottica, un supporto il più trasparente possibile. Questa precauzione evita di dover ricorrere ad una eccessiva espansione (ottenuta mediante regolazione della amplificazione) del campo di misura, causa questa di maggiori errori di misura.

Tipo di pellicola	Densità media del supporto espressa in livelli di densità	N° di livelli in cui risulta distribuita la densità
SENZA PELLICOLA	64	1
AGFA ORTHO RAPID 020 8952-103	62	4
PAN AGFA 100P	52	5
PAN AGFA 400P	53	5
ILFORD PAN F	52	5
ILFORD FP4	54	5
ILFORD HP4	53	3
KODAK PX 135-36 PLVS-X 22DIN	53	5
KODAK TRI-X 27 DIN	53	4
KODAK FX 135-20 16 DIN	48	5
3M FERRANIA P30 20 DIN	53	5
FERRANIA POSITIVA GRANA FINE 14	63	4
3M FERRANIA Microfilm PAN S	62	3

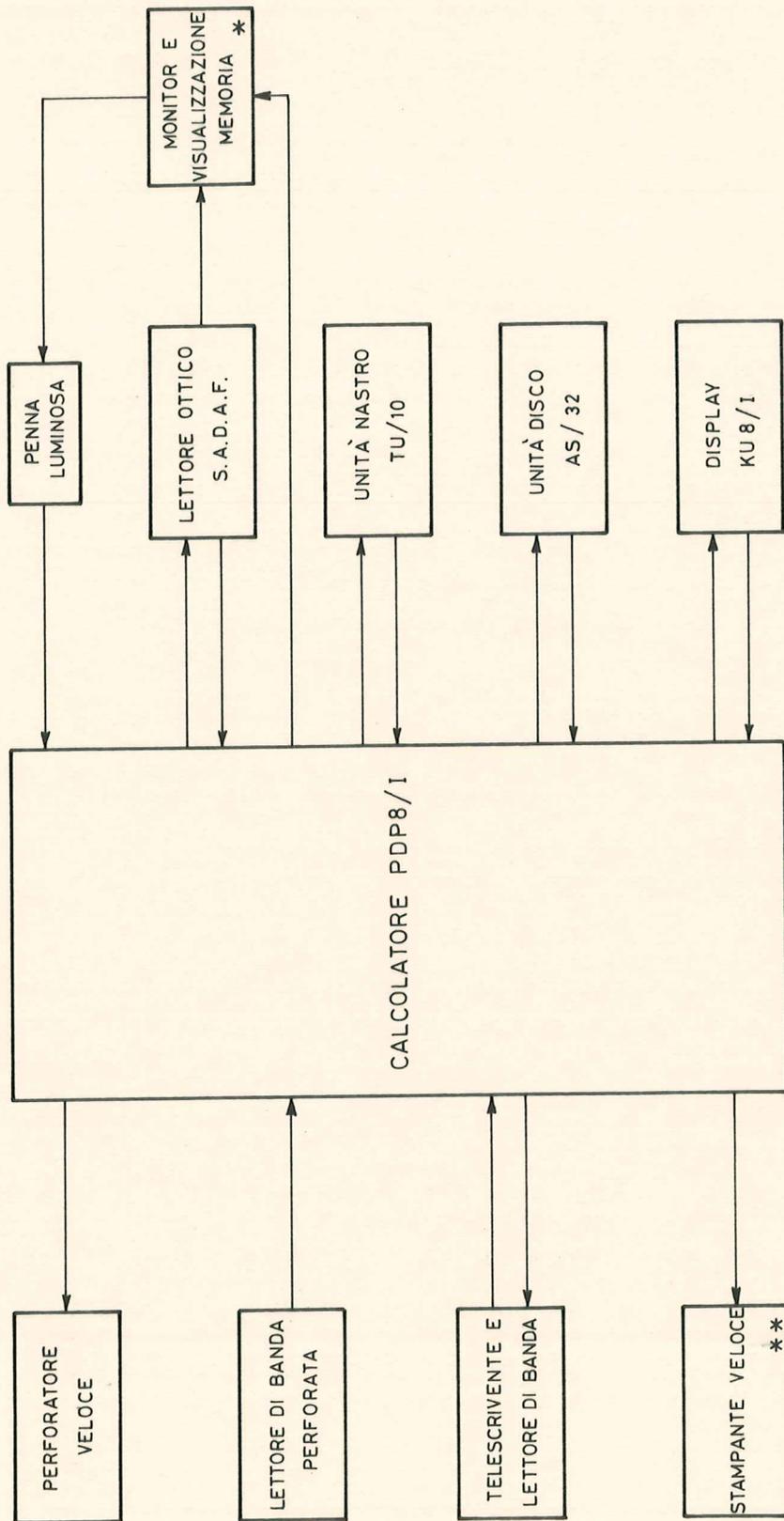


Fig. 1

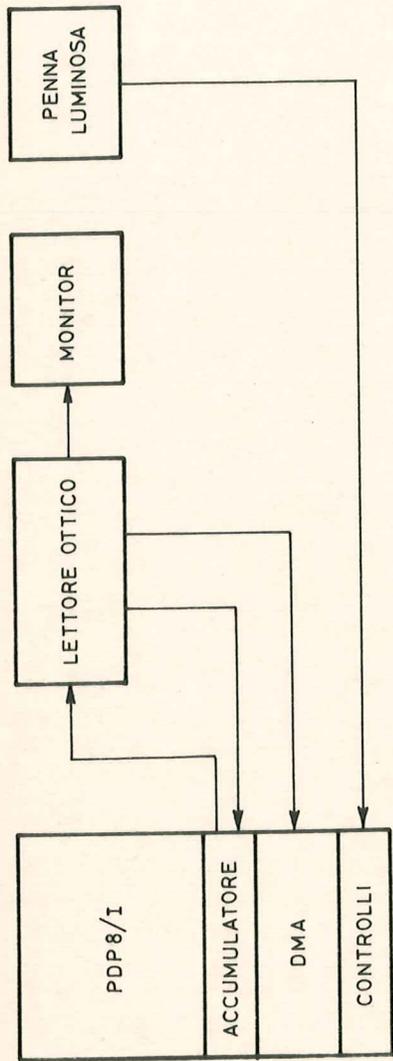


Fig. 2

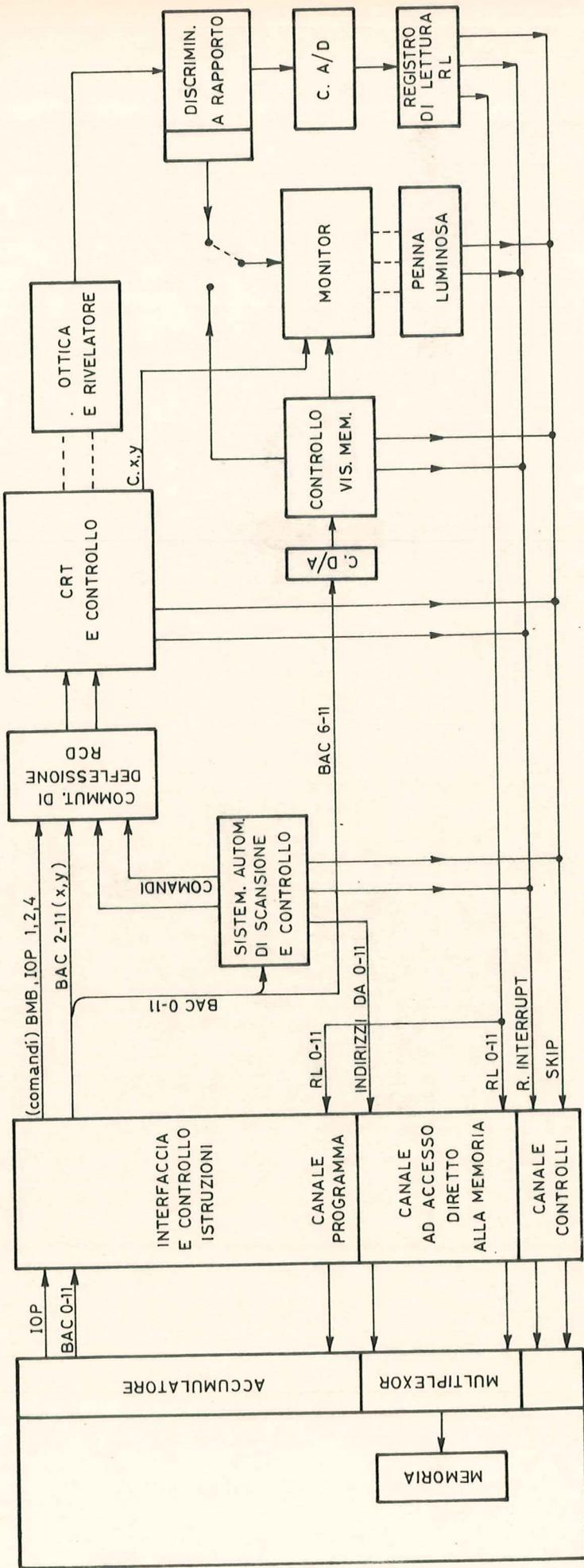


Fig. 3

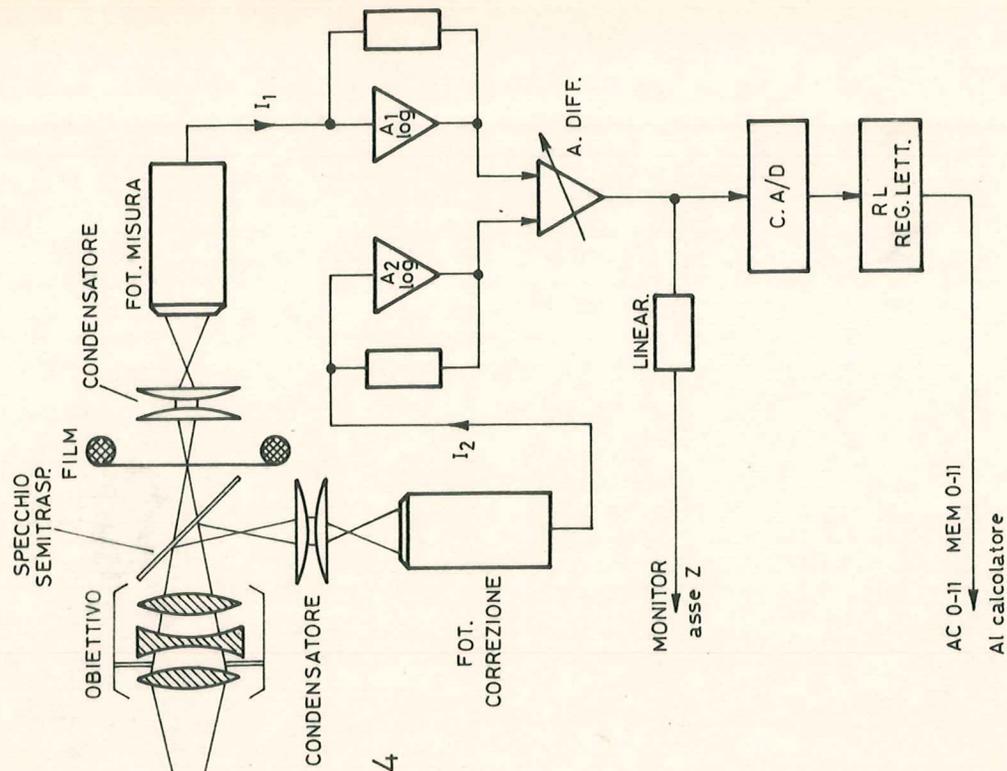


Fig. 4

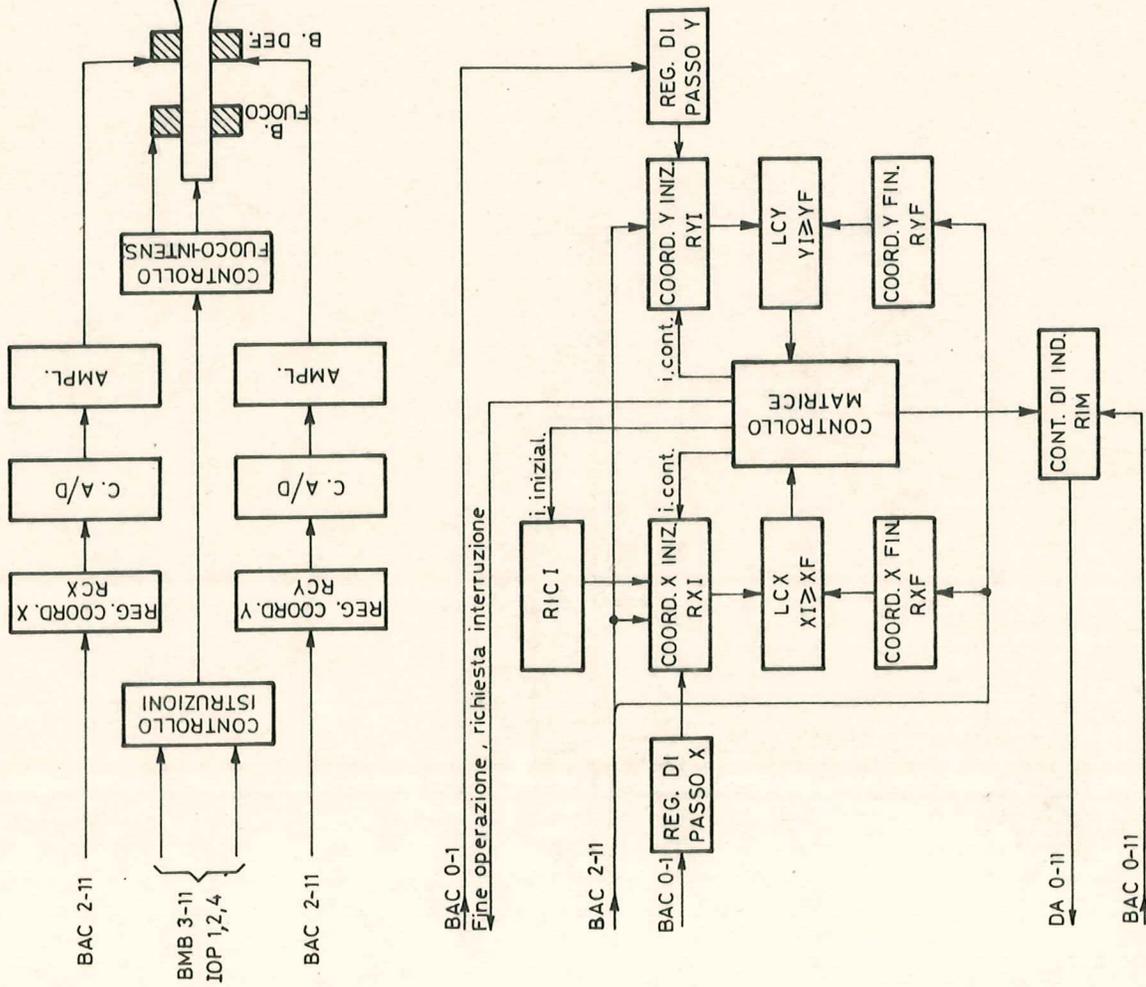
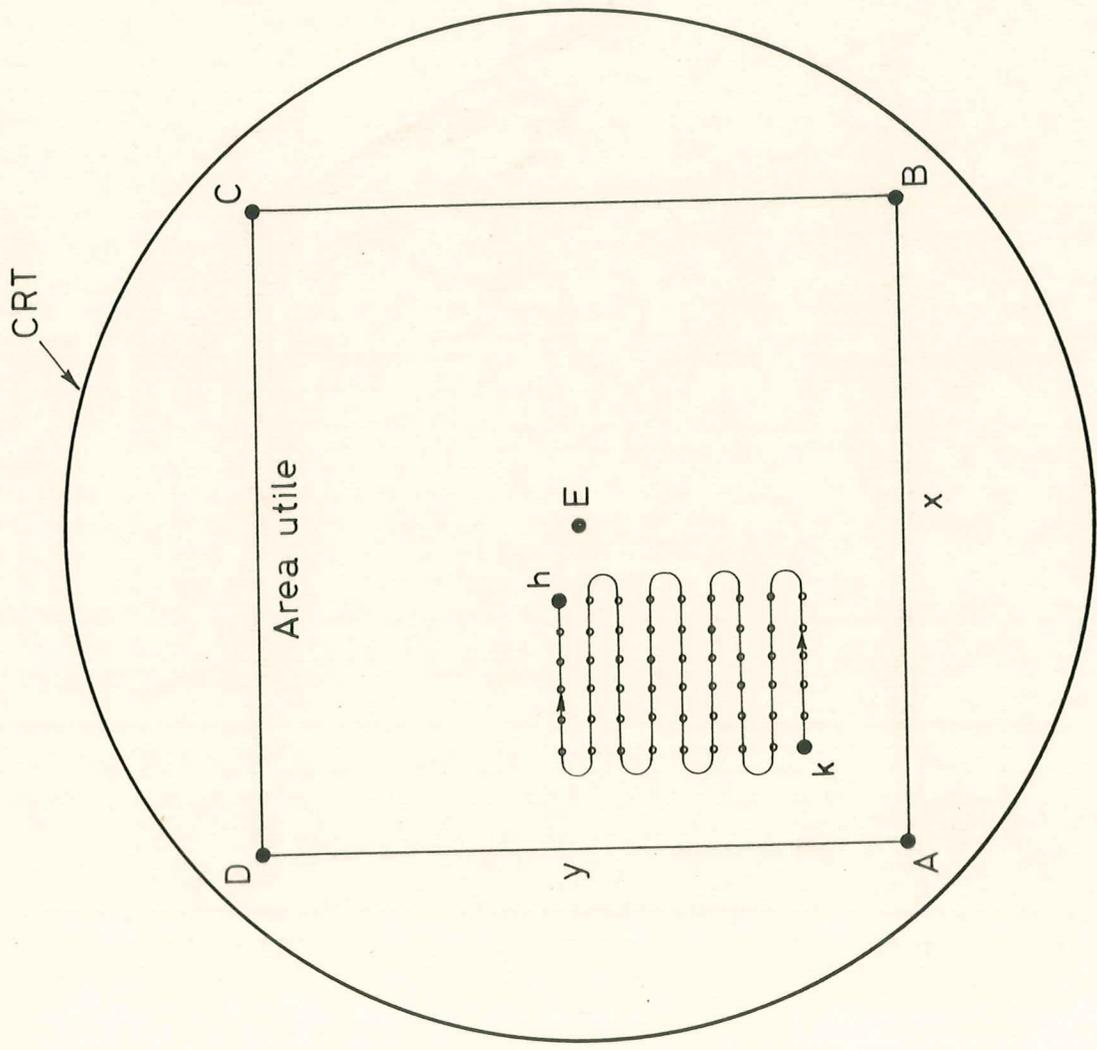


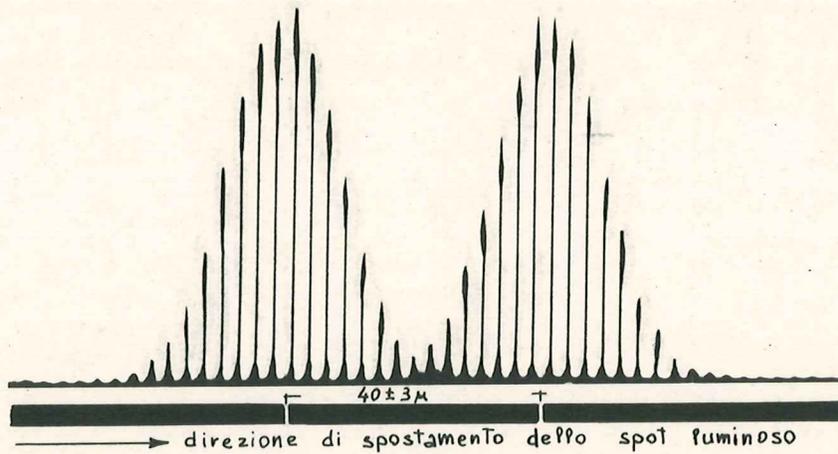
Fig. 5



- A → (x, y) → (0000₈, 0000₈)
- B → (x', y') → (1777₈, 0000₈)
- C → (x'', y'') → (1777₈, 1777₈)
- D → (x''', y''') → (0000₈, 1777₈)
- E → (x^{iv}, y^{iv}) → (0777₈, 0777₈)

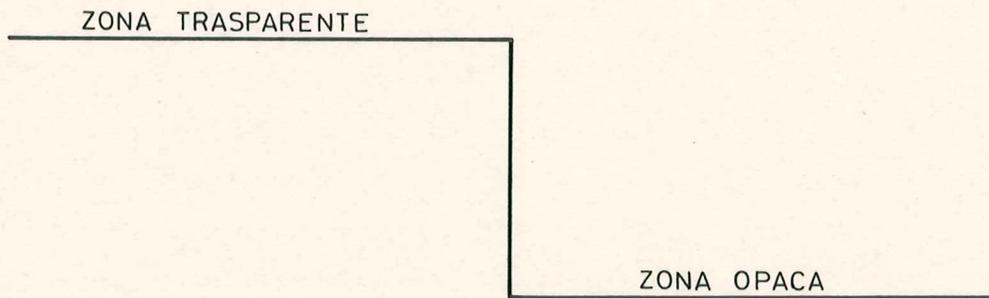
Fig. 6

7a)

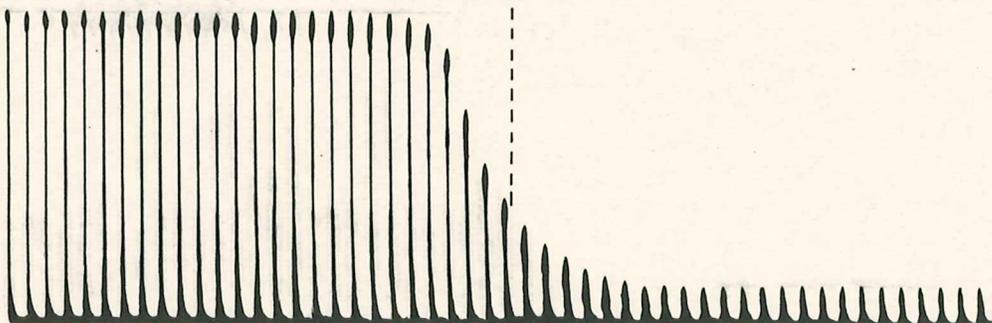


Fotogramma rilevato all'uscita del fotomoltiplicatore di misura. Lo spot luminoso colpisce un vetrino campione opaco che presenta due fessure trasparenti di 4μ di spessore poste alla distanza di $40 \mu \pm 3 \mu$.

7b)

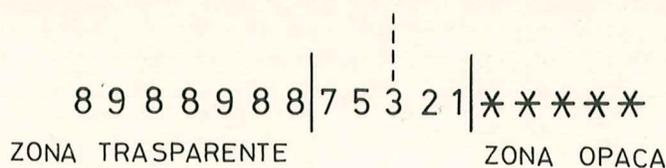


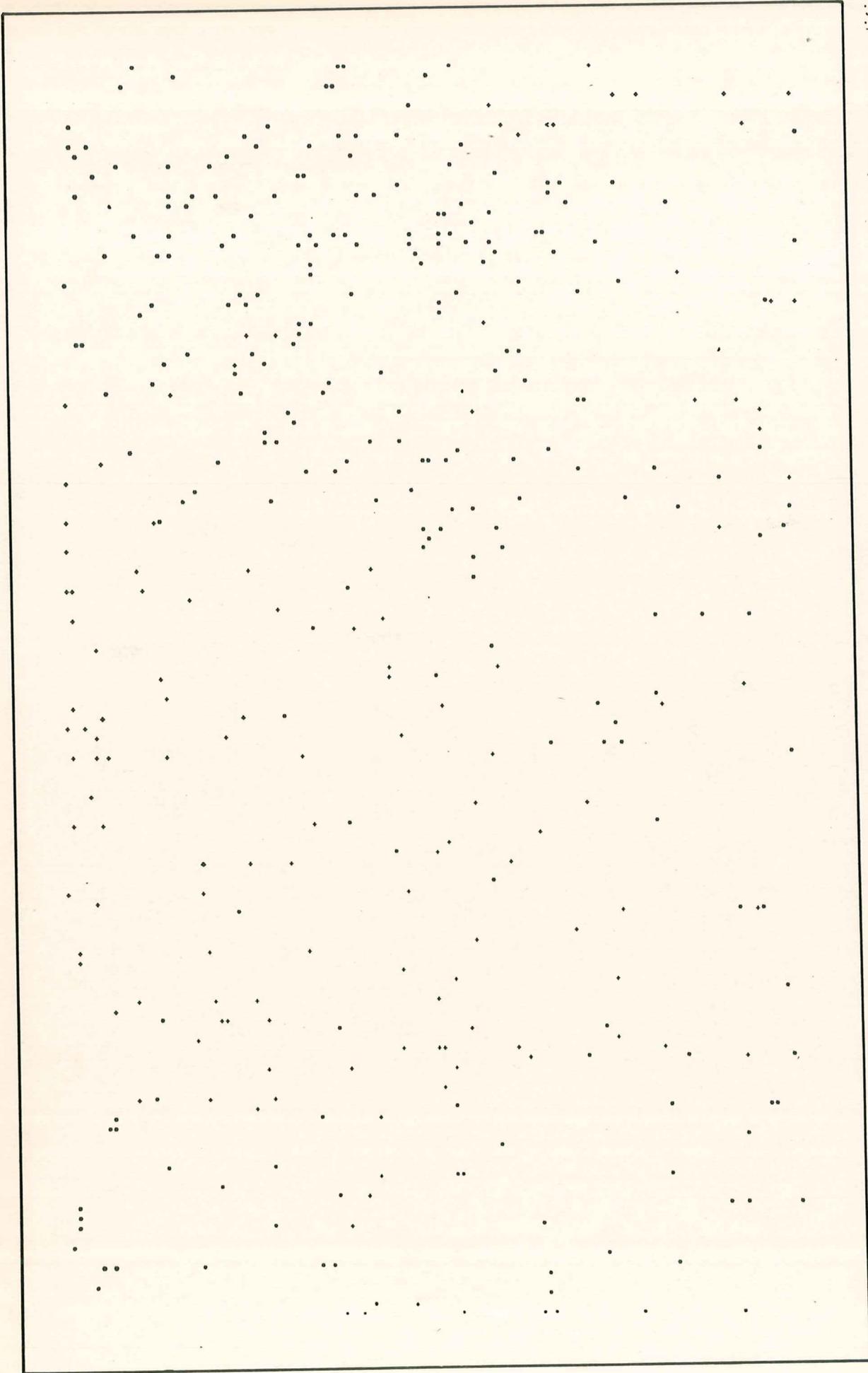
7c)



La fig. 7a indica il brusco passaggio in un vetrino campione da una zona trasparente ad una zona opaca. Il fotogramma 7c rilevato all'uscita del discriminatore indica la distribuzione delle densità di grigio rilevate. La sequenza 7d da l'andamento dello stesso segnale digitalizzato a 64 livelli con risoluzione 1024×1024 .

7d)

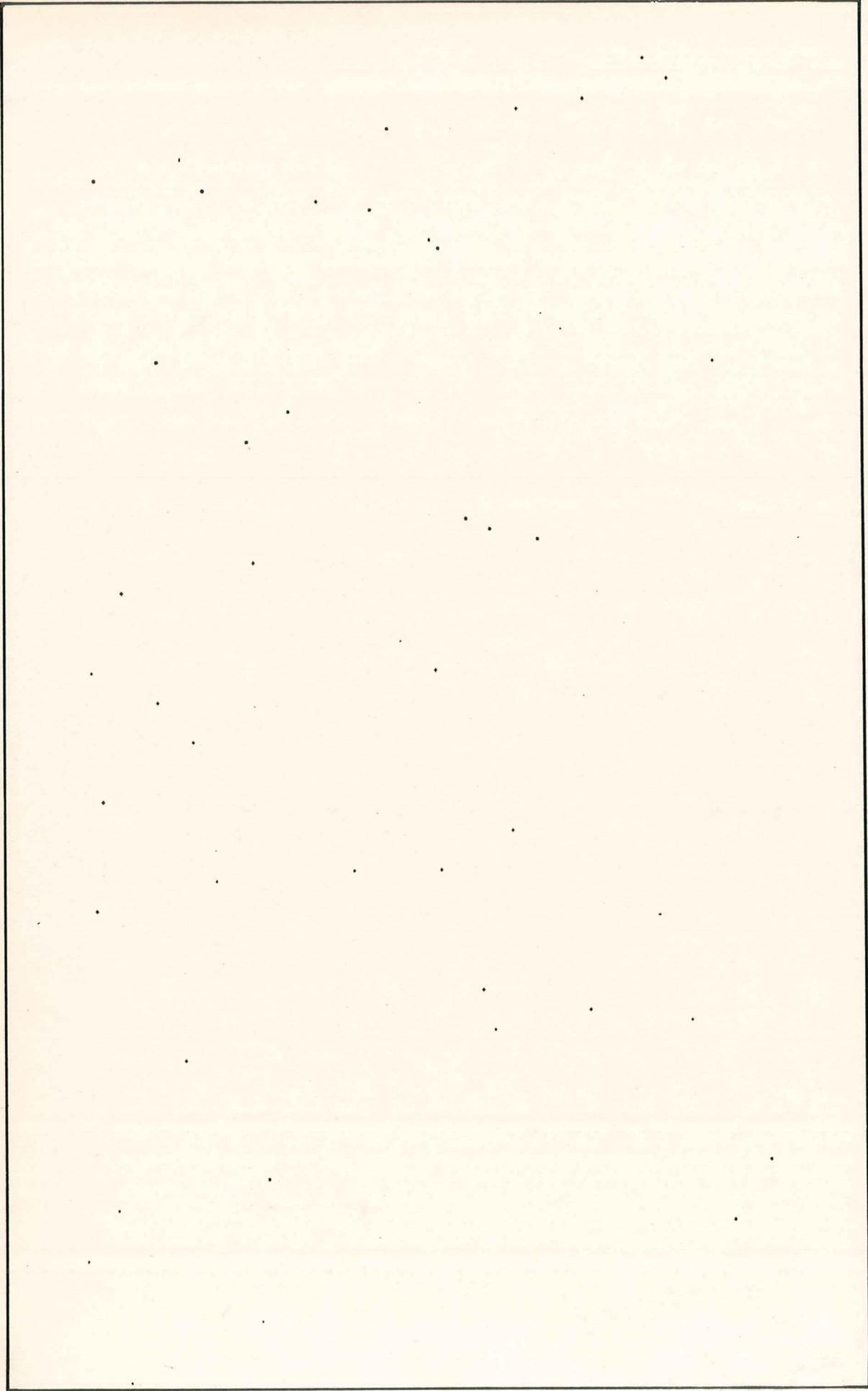




Distribuzione, sull'intera area utile del CRT, dell'errore complessivo con una digitalizzazione a 64 livelli in assenza di pellicola con amplificazione A=982, soglia 000, risoluzione 128 x 128. L'informazione risulta essere distribuita su tre livelli:

livello	N° punti	carattere	rapporto S/D
57	126	+	~ 50
58	15974	bianco	
59	283	*	

Fig. 8



Distribuzione, sull'intera area utile del CRT, dell'errore complessivo con una digitalizzazione a 64 livelli in assenza di pellicola con amplificazione A = 936 soglia 000 risoluzione 128 x 128. L'informazione risulta essere distribuita su tre livelli:

livello	N° punti	carattere	rapporto S/D
45	23	+	
46	16341	bianco	~ 390
47	19	*	

Fig. 9

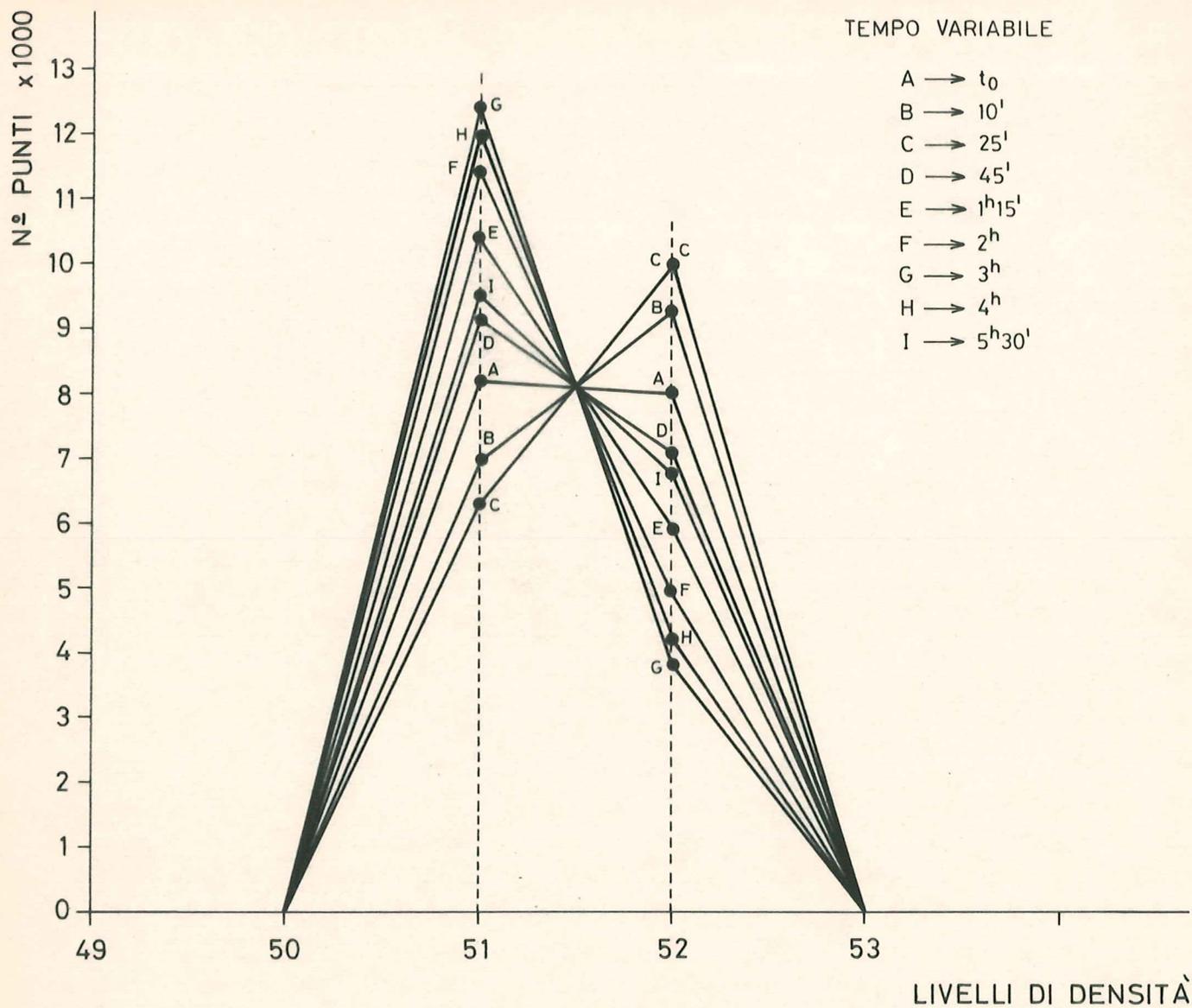


Fig. 10a

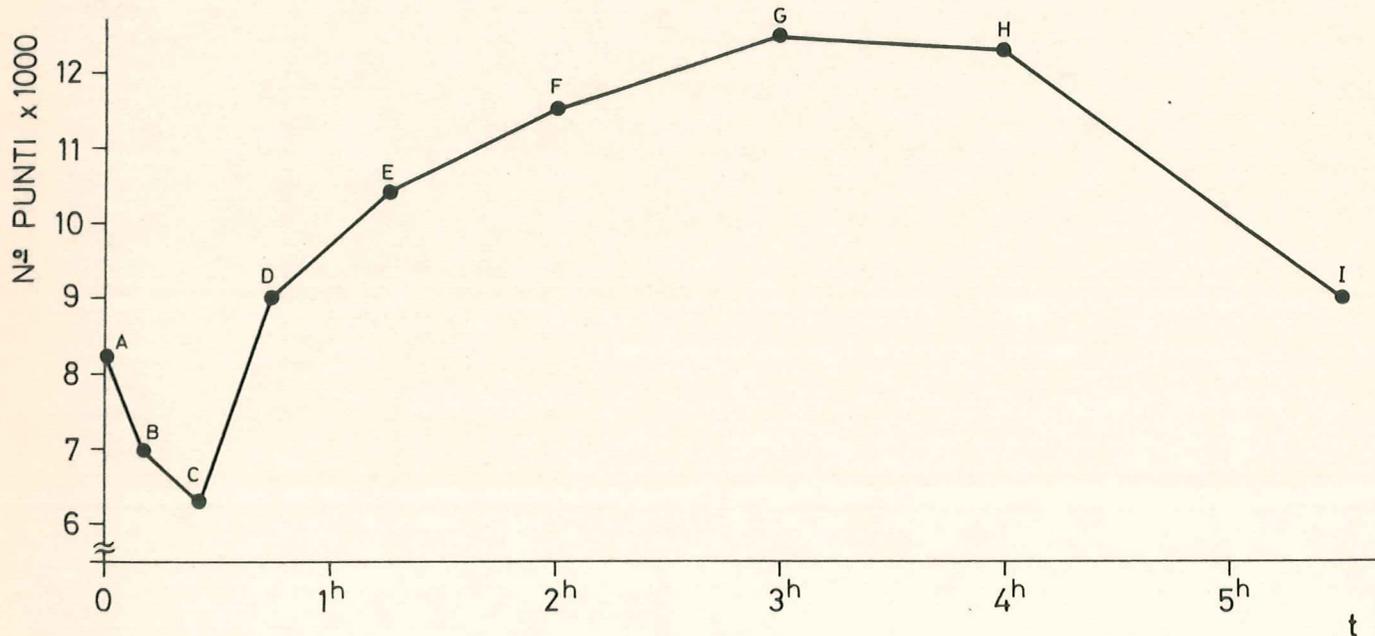
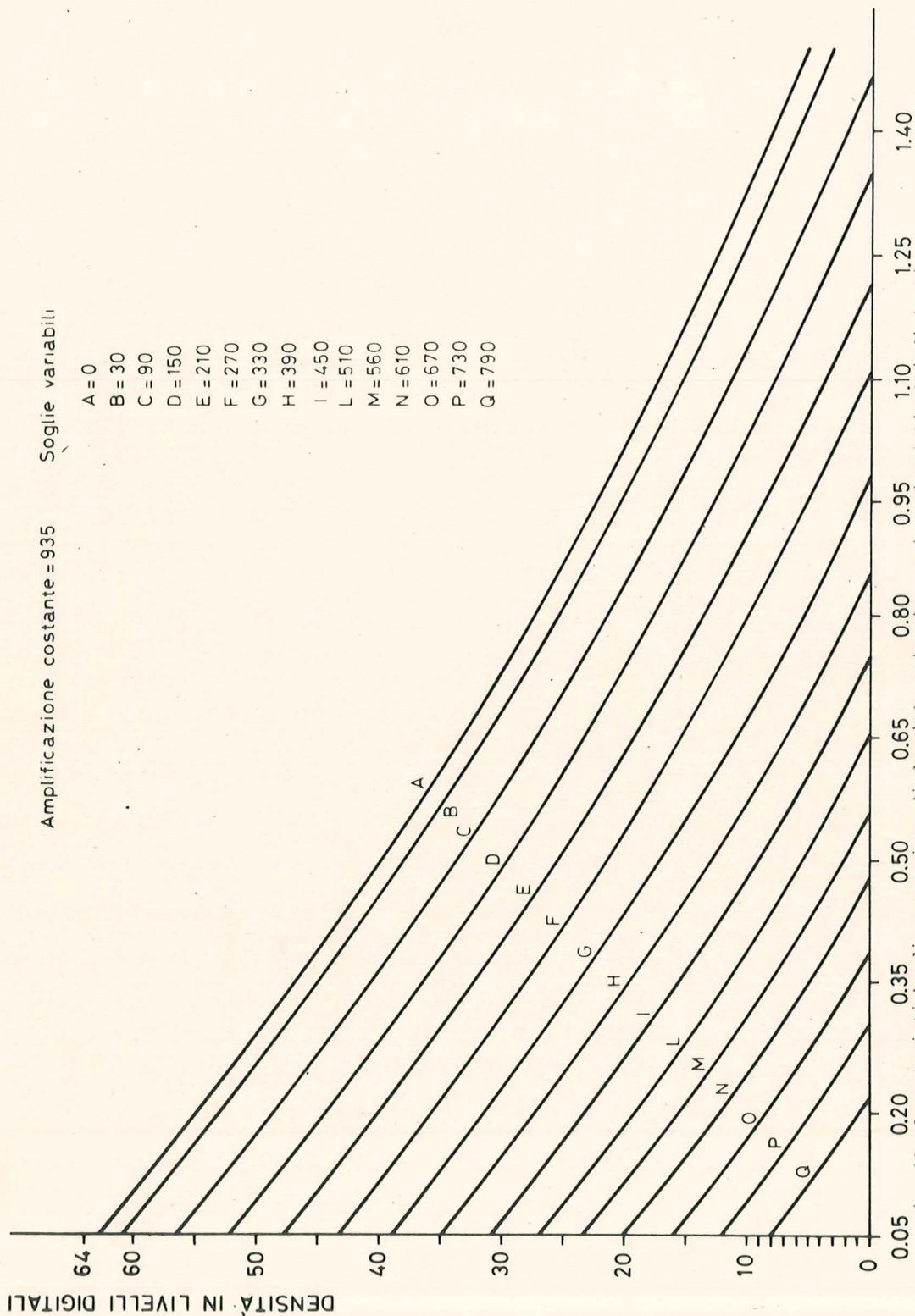


Fig. 10b



Amplificazione costante = 935

Soglie variabili

- A = 0
- B = 30
- C = 90
- D = 150
- E = 210
- F = 270
- G = 330
- H = 390
- I = 450
- L = 510
- M = 560
- N = 610
- O = 670
- P = 730
- Q = 790

Fig. 11 Caratteristiche di conversione di densità ottica in corrispondenti livelli digitali in uscita del lettore ottico di fotogrammi. Come campione di densità, è stata usata una piccola campione Kodak con 20 gradini tarati di densità. Queste caratteristiche sono state rilevate con amplificazione nominale costante i diversi valori di soglia.

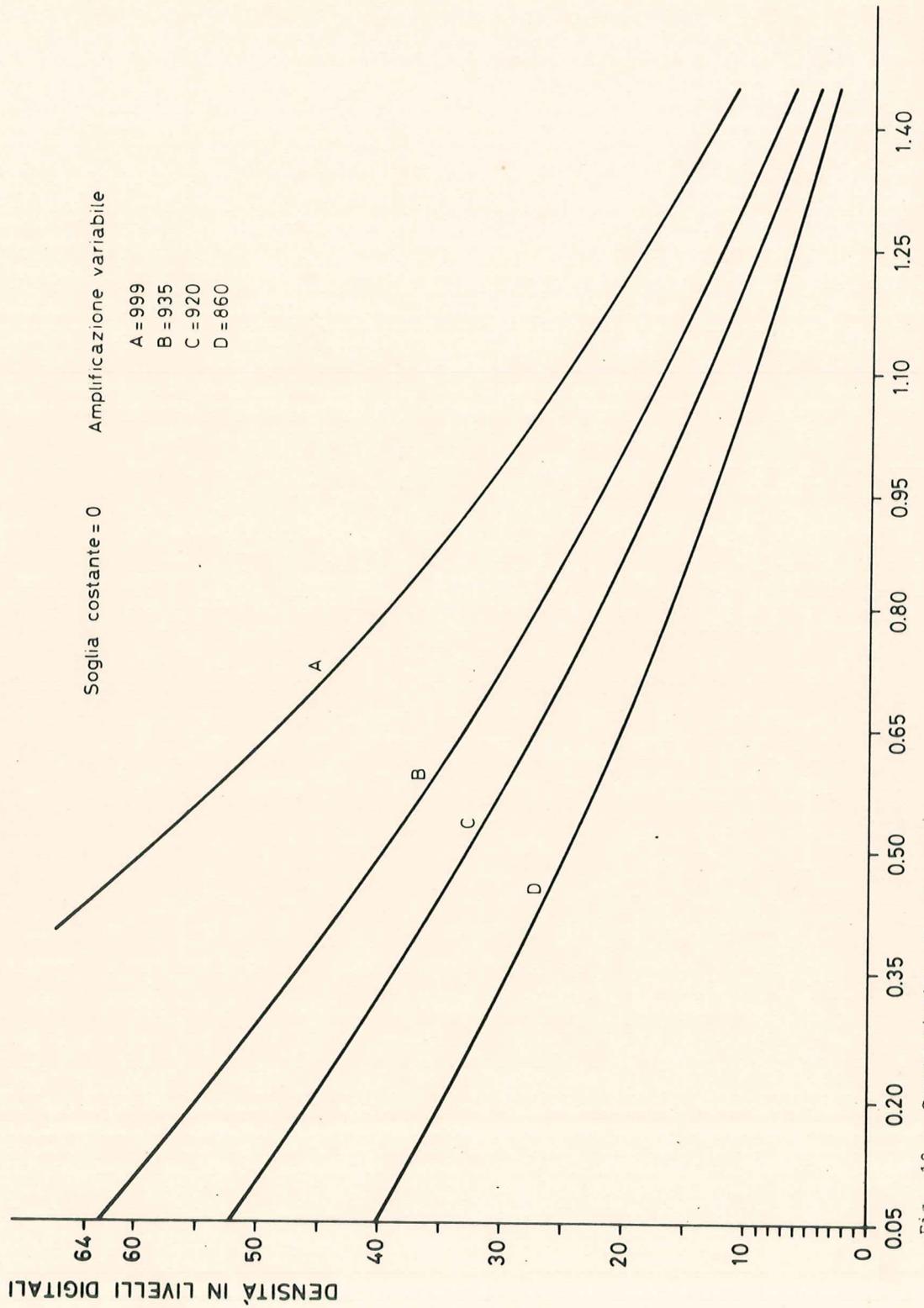


Fig. 12 Caratteristiche di conversione come quelle riportate in Fig. 11 ma con soglia costante, corrispondente alla minima, e amplificazione variabile. La curva A corrisponde alla massima amplificazione ottenibile.