Ing. G. CECCHINI
VOL. N.° .....

Università di Pisa

CENTRO STUDI CALCOLATRICI ELETTRONICHE

PROGETTO DETTAGLIATO DI UNA PRIMA CALCOLATRICE ELETTRONICA

(macchina ridotta)

Dott. A. Caracciolo
Ing. G. Cecchini
Dott. E. Fabri
Dott. S. Sibani

^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^

INTRODUZIONE

Il presente progetto riguarda la "macchina ridotta", prevista dal piano di lavoro contenuto nella Relazione sull'attività del Centro al 22/12/55. La definizione completa della macchina ridotta risulta dal progetto stesso: per il momento basterà precisare che non si tratta di una macchina di prova, costruita a solo scopo sperimentale, ma di una parte considerevole della macchina definitiva. La differenza sostanziale rispetto al nucleo centrale consiste in un Controllo semplificato e nell'impiego di parole di lunghezza metà: tuttavia questa macchina contiene elementi ed organi che nella loro grandissima maggioranza verranno utilizzati - praticamente senza modifiche - anche per la costruzione della macchina definitiva.

La ragione fondamentale che ha condotto a graduare in varie fasi la realizzazione dell'intero complesso è stata la convenienza di utilizzare nelle fasi più avanzate dei lavori di progettazione e di montaggio l'esperienza delle fasi precedenti. In particolare gli scopi che ci si propone di raggiungere con la costruzione della macchina ridotta sono:

1) raccogliere informazioni, basate su un montaggio organicamente completo, circa il comportamento delle connessioni impulsive fra i vari circuiti;

2) controllare sperimentalmente le valutazioni circa i tempi di funzionamento della macchina;

3) ottenere precise indicazioni sull'adeguatezza dei criteri di progetto sia elettronici che meccanici;

4) iniziare uno studio preliminare sui problemi generali di organizzazione e manutenzione.

Fra quelli sopra elencati non figurano ovviamente scopi di carattere matematico; per i problemi matematici inerenti la progettazione della macchina definitiva la macchina ridotta

potrà essere di qualche aiuto, ma in modo relativamente indipendente dalla sua particolare struttura.

Il progetto è suddiviso in cinque parti:

I: Descrizione logico-matematica generale, in cui vengono date le caratteristiche fondamentali della macchina, la lista delle istruzioni e alcuni programmi necessari per completarne l'organizzazione;

II: Descrizione logica dettagliata della struttura della macchina, in cui è descritta la struttura logica della macchina definita dagli schemi e dalle tabelle relative;

III: Criteri generali di progetto e descrizione dei circuiti elettrici, in cui vengono esposti i criteri generali seguiti nella progettazione elettronica e si illustrano i singoli circuiti, completamente definiti dagli schemi relativi;

IV: Criteri generali e descrizione dei montaggi meccanici, in cui si illustrano le caratteristiche generali dei montaggi meccanici, interamente descritti nei disegni allegati;

V: Conclusione.

^^^^^^^^^^^^^^

PARTE I^

Descrizione logico-matematica generale.

1. La macchina ridotta è, come la macchina completa, interamente binaria: la lunghezza della parola è di 18 bit, pari a 5,4 cifre decimali. La rappresentazione adottata per i numeri è binaria pura, con virgola fissa dopo la prima cifra. Il più piccolo numero non nullo che può essere rappresentato in tal modo è 2^{-17} pari a circa 7.10^{-6}. Per i negativi si è adottata la ben nota rappresentazione "complemento a due", in modo che il campo numerico della macchina comprende tutti i multipli di 2^{-17} da -1 incluso a +1 escluso.

La capacità della memoria è la stessa della macchina completa: le 1024 celle sono però di soli 18 bit invece che di 36. L'indirizzo delle celle è un numero intero che va da 0 a 1023; per rappresentarlo in forma binaria sono dunque necessari 10 bit.

Le istruzioni della macchina ridotta sono ad un indirizzo del tipo classico: simbolo di operazione e indirizzo. Poiché si prevedono 32 istruzioni, il simbolo di operazione è indicato da un carattere di 5 bit, mentre per l'indirizzo occorrono 10 bit. In totale un'istruzione occupa dunque 15 bit per la sua rappresentazione, e richiede quindi praticamente un'intera parola.

L'entrata nella macchina ridotta avviene a nastro perforato attraverso un lettore fotoelettrico alla velocità di 400 caratteri al secondo; viene utilizzato un normale nastro per telescrivente a cinque fori secondo l'alfabeto N° 2 del C.C.I.T. (Tabella 1).

Tabella 1

A	-	o	o			
B	?	o			o	o
C	:		o	o	o	
D	✠	o			o	
E	3	o				
F	°	o		o	o	
G	⅘		o		o	o
H				o		o
I	8		o	o		
J	☠	o	o		o	
K	(	o	o	o	o	
L	)		o			o
M	.			o	o	o
N	,			o	o	
O	9				o	o
P	0		o	o		o

Q	1	o	o	o		o
R	4		o		o	
S	'	o		o		
T	5					o
U	7	o	o	o		
V	=		o	o	o	o
W	2	o	o			o
X	/	o		o	o	o
Y	6	o		o		o
Z	+	o				o
<					o	
⋕			o			
LTRS		o	o	o	o	o
CFRS		o	o		o	o
ESP				o		
*						

Ragioni connesse con la conversione binario-decimale e viceversa hanno indotto ad adottare all'interno della macchina un codice che rispetti per le cifre decimali la loro rappresentazione binaria. La conversione di codice sia in entrata che in uscita si effettua mediante programma (si vedano appresso i sottoprogrammi S e L). Le tabelle 2,3,4,5 forniscono direttamente tutte le indicazioni necessarie per le trasformazioni di codice.

2. Le istruzioni sono rappresentate con quattro caratteri: uno per il simbolo di operazione e tre per l'indirizzo; quest'ultimo viene infatti rappresentato all'esterno con tre cifre decimali. Ciò è possibile perché le ultime

Tabella 4

C1	Co	LTRS	CFRS
0	13	F	0
1	29	[illegible]	1
2	25	[illegible]	2
3	16	E	3
4	10	R	4
5	1	T	5
6	21	Y	6
7	28	U	7
8	12	I	8
9	3	O	9
10	4	ESP	ESP
11	11	G	[illegible]
12	8	≠	≠
13	0	*	*
14	14	C	:
15	14	V	=
16	9	L	)
17	17	Z	+
18	18	D	✠
19	19	B	?
20	20	[illegible]	'
21	6	N	,
22	22	F	°
23	23	X	/
24	24	A	-
25	2	<	<
26	26	J	☭
27	27	CFRS	CFRS
28	7	U	.
29	5	H	
30	30	K	(
31	31	LTRS	LTRS

Tabella 3

LTRS	CFRS	Co	C1
*	*	0	13
T	5	1	5
<	<	2	25
O	9	3	9
ESP	ESP	4	10
H		5	29
N	,	6	21
U	.	7	28
≠	≠	8	12
L	)	9	16
R	4	10	4
G	[illegible]	11	11
I	8	12	8
P	0	13	0
C	:	14	14
V	=	15	15
E	3	16	3
Z	+	17	17
D	✠	18	18
B	?	19	19
S	'	20	20
Y	6	21	6
F	°	22	22
X	/	23	23
A	-	24	24
W	2	25	2
J	☭	26	26
CFRS	CFRS	27	27
U	7	28	7
Q	1	29	1
K	(	30	30
LTRS	LTRS	31	31

celle della memoria sono occupate dal sottoprogramma fisso di lettura, per cui l'indirizzo di un'istruzione introdotta dall'esterno non supera mai, come vedremo, 966. I numeri sono invece rappresentati con un carattere per cifra decimale oltre il segno (primo carattere). Tanto per le istruzioni quanto per i numeri opportuni sottoprogrammi - di cui si dirà in seguito - provvedono a convertire le rappresentazioni esterne in quelle usate all'interno della macchina.

Nella Tabella 6 è riportata, su cinque colonne, la lista delle istruzioni, che, insieme ai dati precedentemente esposti sulla rappresentazione dei numeri e sulla capacità della memoria, caratterizza completamente la macchina dal punto di vista matematico. Nella prima colonna è indicato il carattere di telescrivente corrispondente al simbolo mnemonico di ogni istruzione che si trova nella seconda colonna. Nella terza colonna è indicata la rappresentazione binaria dell'istruzione (in ordine progressivo), che coincide col codice interno del carattere della prima colonna (v. Tabella 2). Nella quarta colonna c'è l'indicazione simbolica dell'operazione da eseguire, secondo la notazione appresso specificata; nell'ultima colonna si trova infine una breve descrizione verbale.

Ogni istruzione occupa 18 bit di cui i primi tre indifferenti, i cinque seguenti riservati alla rappresentazione binaria del simbolo di operazione, e gli ultimi dieci - che indicheremo con x - alla rappresentazione binaria del numero intero X, compreso fra 0 e 1023, corrispondente all'indirizzo di una cella della memoria.

Indicheremo ora in generale con lettere maiuscole nomi di celle o di registri e con lettere minuscole parole o parti di parole intese come una successione ordinata di ci-

fre binarie. Faremo uso dei seguenti operatori:

Δx da leggere: la cella il cui indirizzo è x ;

γX " " : il contenuto della cella (o registro) di nome X .

Col simbolo βN indicheremo invece il contenuto del Numeratore N.

L'esecuzione di una qualsiasi istruzione consiste sempre nello scrivere certe parole in certe celle o registri; ciò è indicato simbolicamente con il segno $\rightarrow$: a sinistra è indicata la parola da scrivere (minuscola), a destra il nome del registro o della cella in cui si scrive (maiuscolo). La parola da scrivere può essere semplicemente il contenuto di qualche altro registro o anche una combinazione logica di una o due parole contenute in certi registri.

Le combinazioni che qui interessano - in termini di Algebra di Boole - sono:

$c = a \oplus b$ (pseudosomma):

$$\left.\begin{array}{l} c_i = a_i b_i r_{i+1} + (a_i + b_i + r_{i+1})\,\bar{r}_i \\ r_{18} = 0\,, \quad r_i = (a_i + b_i)(a_i + r_{i+1})(b_i + r_{i+1}) \end{array}\right\} \quad (i = 0, \cdots, 17)$$

$c = a \ominus b$ (pseudodifferenza):

$$\left.\begin{array}{l} c_i = a_i \bar{b}_i r'_{i+1} + (a_i + \bar{b}_i + r'_{i+1})\,\bar{r}'_i \\ r'_{18} = 1\,, \quad r'_i = (a_i + \bar{b}_i)(a_i + r'_{i+1})(\bar{b}_i + r'_{i+1}) \end{array}\right\} \quad (i = 0, \cdots, 17)$$

$c = a \cdot b$ (prodotto logico):

$c_i = a_i b_i \qquad (i = 0, \dots, 17)$

$c = \bar{a}$ (negazione logica):

$c_i = \bar{a}_i \qquad (i = 0, \dots, 17)$

$c = \tau_d a$ (traslazione destra):

$c_0 = a_0 \; , \quad c_i = a_{i-1} \quad (i = 1, \dots, 17)$

$c = \tau_s a$ (traslazione sinistra)

$c_i = a_{i+1} \quad (i = 0, \dots, 16) \; , \quad c_{17} = 0$

$c = \tau'_d (a, b)$ (traslazione ausiliaria destra)

$c_0 = a_0 \; , \quad c_1 = a_{17} \; , \quad c_i = b_{i-1} \quad (i = 2, \dots, 17)$

$c = \tau'_s (a, b)$ (traslazione ausiliaria sinistra)

$c_i = b_{i+1} \quad (i = 0, \dots, 16) \; , \quad c_{17} = a_0$

Tabella 6

Cr.Tl.	Sm.Mn.	Ci	Descrizione simbolica	
P	...	00000	. . . . .	. . . . .
Q	nN	00001	$0 \rightarrow \Delta x$	$\beta N \oplus 1 \rightarrow N$
W	AN	00010	$\gamma A \rightarrow \Delta x$	"
E	BN	00011	$\gamma B \rightarrow \Delta x$	"
R	A+N	00100	$\gamma A \oplus \gamma \Delta x \rightarrow \Delta x$	"
T	B+N	00101	$\gamma B \oplus \gamma \Delta x \rightarrow \Delta x$	"
Y	A+A	00110	$\gamma A \oplus \gamma \Delta x \rightarrow A$	"
U	A+B	00111	$\gamma A \oplus \gamma \Delta x \rightarrow B$	"
I	A-A	01000	$\gamma A \ominus \gamma \Delta x \rightarrow A$	"
O	A-B	01001	$\gamma A \ominus \gamma \Delta x \rightarrow B$	"
ESP	B+B	01010	$\gamma B \oplus \gamma \Delta x \rightarrow B$	"
G	B-B	01011	$\gamma B \ominus \gamma \Delta x \rightarrow B$	"
≠	n+A	01100	$\gamma \Delta x \rightarrow A$	"
*	n+B	01101	$\gamma \Delta x \rightarrow B$	"
C	n-A	01110	$0 \ominus \gamma \Delta x \rightarrow A$	"
V	n-B	01111	$0 \ominus \gamma \Delta x \rightarrow B$	"
L	LpA	10000	$\gamma A \cdot \gamma \Delta x \rightarrow A$	"
Z	LnA	10001	$\overline{\gamma \Delta x} \rightarrow A$	"
D	Vd	10010	$\tau_d \gamma A \rightarrow A$	"
B	Vs	10011	$\tau_s \gamma A \rightarrow A$	"
S	Wd	10100	$\tau_d \gamma A \rightarrow A$, $\tau'_d(\gamma A, \gamma B) \rightarrow B$	"
N	Ws	10101	$\tau_s \gamma A \rightarrow A$, $\tau'_s(\gamma A, \gamma B) \rightarrow B$	"
F	Z+A	10110	. . . . . $\begin{cases} R_c \gamma A \geq 0 \\ R_c \gamma A < 0 \end{cases}$	$x \rightarrow N$ $\beta N \oplus 1 \rightarrow N$
[illegible]	Z-A	10111	. . . . . $\begin{cases} R_c \gamma A \geq 0 \\ R_c \gamma A < 0 \end{cases}$	$\beta N \oplus 1 \rightarrow N$ $x \rightarrow N$
A	Z	11000		$x \rightarrow N$
<	F	11001		$x \rightarrow N$
J	G	11010		$x \rightarrow N$
CFRS	QM	11011	$\gamma TM \rightarrow \Delta x$	$\beta N \oplus 1 \rightarrow N$
M	MQ	11100	$\gamma \Delta x \rightarrow \Delta x$	"
H	EA	11101	$\gamma A \oplus e \rightarrow A$	"
K	BU	11110	$\gamma' B \rightarrow RU$	"
LTRS	...	11111	. . . . .	. . . . .

D e s c r i z i o n e v e r b a l e

Non assegnata

Cancellare la Memoria

Trasferire il contenuto di A nella Memoria

Trasferire il contenuto di B nella Memoria

Sommare il contenuto di A nella Memoria

Sommare il contenuto di B nella Memoria

Sommare accumulando in A

Sommare da A in B

Sottrarre accumulando in A

Sottrarre da A in B

Sommare accumulando in B

Sottrarre accumulando in B

Sommare cancellando in A

Sommare cancellando in B

Sottrarre cancellando in A

Sottrarre cancellando in B

Prodotto logico

Negazione logica

Traslazione corta destra

Traslazione corta sinistra

Traslazione lunga destra

Traslazione lunga sinistra

Salto condizionato sul +

Salto condizionato sul -

Salto incondizionato

Arresto

Arresto condizionato

Trasferire da TM alla Memoria

Leggere la Memoria

Leggere il nastro d'entrata

Stampare sulla telescrivente

Non assegnata

Altri simboli particolari usati nella tabella sono:

$R_c \gamma A$ da leggere: il numero la cui rappresentazione complemento a due è data dalla parola γA (istruzioni Z+A);

0 per la parola formata da tutte cifre nulle (istruzione nM);

e per la parola i cui primi 13 bit sono nulli e i rimanenti 5 dati dal gruppo di cifre binarie presenti all'uscita di AE (Adattatore d'Entrata; istruzione EA);

$\gamma' B$ per il gruppo delle ultime 5 cifre binarie di γB (istruzione BU).

Dall'esame della tabella precedente si vede che la lista delle istruzioni di cui è dotata la macchina ridotta è notevolmente completa, tanto dal punto di vista matematico quanto da quello logico e organizzativo. Per semplificare il Controllo, in vista degli scopi essenzialmente tecnici cui è destinata la macchina ridotta, si è evitata l'introduzione delle istruzioni cicliche (moltiplicazione, divisione, traslazioni multiple), che saranno eseguite mediante sottoprogrammi (v. in seguito). Sempre per motivi di semplicità costruttiva non viene introdotto alcun sistema di modifica automatica delle istruzioni e mancano quindi anche le istruzioni speciali relative. Ambedue queste limitazioni verranno tolte già con la costruzione del nucleo centrale, per il quale è previsto il raddoppiamento del numero delle istruzioni.

Si è invece fatto fin d'ora largo uso della simmetria dei due registri aritmetici A e B, mentre la particolare struttura della memoria ha permesso l'introduzione delle istruzioni nM, A+M, B+M, che permettono in molti casi una certa semplificazione della programmazione. Le istruzioni di addizione e sottrazione, definite precedente

mente dal punto di vista logico, corrispondono alle ordinarie operazioni aritmetiche, salvo i casi in cui il risultato esce dal campo numerico -1 ÷ +1 (traboccamento). Le istruzioni logiche LpA, LnA, permettono di eseguire calcoli logici, oltre a ricevere frequenti applicazioni anche nella programmazione ordinaria. Le istruzioni Vd e Vs corrispondono a dividere o moltiplicare R, γ A per la base 2, mentre le traslazioni lunghe sono state definite in modo da agevolare l'esecuzione su programma delle operazioni fondamentali e delle conversioni. Le due istruzioni di salto condizionato, limitate al solo registro A, permettono di eseguire facilmente anche il salto sullo zero.

Nulla c'è da dire riguardo all'ovvia introduzione del salto incondizionato. L'istruzione di arresto F prepara anche un salto, il che permette di far ripartire la macchina - su comando esterno - da un'istruzione prefissata. Particolarmente comoda per i controlli, sia di programmi sia di manutenzione, è l'istruzione G: arresto condizionato al quadro di comando manuale; a seconda della posizione di un opportuno commutatore meccanico essa viene interpretata dalla macchina come un'istruzione Z (salto incondizionato) per cui la macchina prosegue, o come un'istruzione F (arresto) per cui la macchina si ferma.

L'istruzione QM permette di scrivere nella memoria una parola direttamente impostata a mano sulla tastiera TM; ciò è particolarmente comodo per il caricamento iniziale della macchina e in diversi altri casi. L'istruzione MQ, che consiste in una semplice lettura della memoria, è comoda se eseguita manualmente, perché permette di esaminare il contenuto di una cella della memoria presentandolo sull'Indicatore Visivo IV del quadro di comando.

Le istruzioni BA e BU consentono rispettivamente la

lettura dal nastro perforato d'entrata e la stampa sulla telescrivente d'uscita di un singolo carattere. Le particolari connessioni sono state scelte in modo da agevolare i programmi di lettura e scrittura.

Restano due istruzioni non assegnate, corrispondenti ai caratteri P, LTRS ; data la particolare struttura del Controllo è possibile definire tali istruzioni ad ogni momento, come pure modificare quelle già definite. Ciò risulta particolarmente comodo dato il carattere sperimentale di questa macchina.

3. Per completare le operazioni fondamentali della macchina con quelle mancanti nella lista delle istruzioni (moltiplicazione e divisione), sono stati studiati opportuni sottoprogrammi, qui di seguito esposti con una breve descrizione insieme con i sottoprogrammi fondamentali di lettura e stampa, necessari per l'effettiva utilizzazione della macchina.

I quattro sottoprogrammi esposti riguardano rispettivamente:

M: moltiplicazione;

D: divisione;

S: conversione e stampa di numeri frazionari;

L: lettura e conversione di istruzioni e numeri frazionari.

Tutti questi sottoprogrammi sono in posizione fissa, e occupano le ultime 210 celle della Memoria. In particolare il sottoprogramma L è stato posto nelle ultime celle, ed è l'unico che contiene istruzioni con indirizzi superiori a 999. L'indirizzo massimo che può comparire in altri programmi è quello dell'istruzione d'uscita di L, che vale 966.

Nelle celle di indirizzi da 0 a 31 sono contenute le rappresentazioni dei codici interni Ci corrispondenti al loro indirizzo considerato come codice esterno Ce, secondo la Tabella 5. Ciò è necessario per i programmi di conversione; tali celle sono pure utilizzate negli altri programmi ogni qual volta si abbia bisogno di una costante fra 0 e 31 (costanti fisse).

Le celle di indirizzi 32, 33, 34, 35 sono riservate agli indici di ripetizione (celle di conteggio), mentre le successive sono disponibili come celle di lavoro fisse per ciascun sottoprogramma.

Per ogni sottoprogramma sono date le istruzioni per l'uso e una breve descrizione del funzionamento; in quest'ultima si fa riferimento al diagramma dinamico semplificato, che - insieme con gli indirizzi dei blocchi - costituisce la prima tavola descrittiva di ogni sottoprogramma. La seconda tavola contiene invece la trascrizione completa delle istruzioni del sottoprogramma, ordinate in corrispondenza degli indirizzi delle celle occupate. Le singole istruzioni sono rappresentate col simbolo mnemonico e l'indirizzo decimale.

Sottoprogramma M:

1) Posizione fissa: 33 celle; 28 istruzioni e 5 costanti (oltre quelle fisse); 3 celle di lavoro e una di conteggio. Entrata: Δ 814, istruzione d'uscita in Δ 841.

Esegue il prodotto di $\gamma\Delta$ 36 per $\gamma\Delta$ 37; il risultato (in doppia precisione) si forma in A e B.

Il tempo di esecuzione è di 564 o 566 u.e.

2) O_1 prepara e D_1 determina il segno del moltiplicatore che verrà usato per la correzione finale; O_2, O_3 e in parte O_4 predispongono la parte di O_6 che riguarda tale correzione. O_4 prepara anche l'entrata nel ciclo; O_5 esami-

na le cifre del moltiplicatore, somma i prodotti parziali secondo il consueto procedimento per la moltiplicazione dei numeri positivi e prepara la ripetizione. D_2 decide sulla uscita dal ciclo; O_6 esegue la correzione già detta.

Sottoprogramma D:

1) Posizione fissa: 39 celle; 38 istruzioni e una costante (oltre quelle fisse); 2 celle di lavoro e una di conteggio. Entrata: Δ 847, istruzione d'uscita in Δ 884.

Esegue la divisione di $\gamma\Delta$ 36 per $\gamma\Delta$ 37; il quoziente si forma in Δ, il resto (col segno del dividendo) in Δ 36.

Il tempo di esecuzione varia fra 380 e 414 u.e.

2) O_1 prepara e D_1 decide sul segno del dividendo; O_2 e O_3 formano il modulo e registrano il segno. O_4, D_2, O_5, O_6 hanno le stesse funzioni per il divisore. O_7 prepara l'entrata nel ciclo, O_8, D_3, O_9, O_{10} eseguono il passo generico col metodo "non restoring". O_{11} prepara la ripetizione e D_4 decide sul termine del ciclo. O_{12} sistema i segni del resto e del quoziente.

Sottoprogramma S:

1) Posizione fissa: 40 celle; 39 istruzioni e una costante (oltre quelle fisse); 3 celle di lavoro e una di conteggio. Entrata: Δ 886, istruzione d'uscita in Δ 924.

Interpreta la parola $\gamma\Delta$ 36 come rappresentazione complemento a due di un numero frazionario, di cui stampa successivamente il segno e 5 cifre decimali (il sottoprogramma va preceduto dall'invio del segnale CFRS a T1).

Il tempo di esecuzione dipende dalla velocità del veicolo d'uscita.

2) O_1 prepara e D_1 esegue la determinazione del segno: il carattere relativo viene formato in O_2 e O_3; negli stessi blocchi si costruisce il modulo di $\gamma\Delta$ 36. O_4 stampa il se

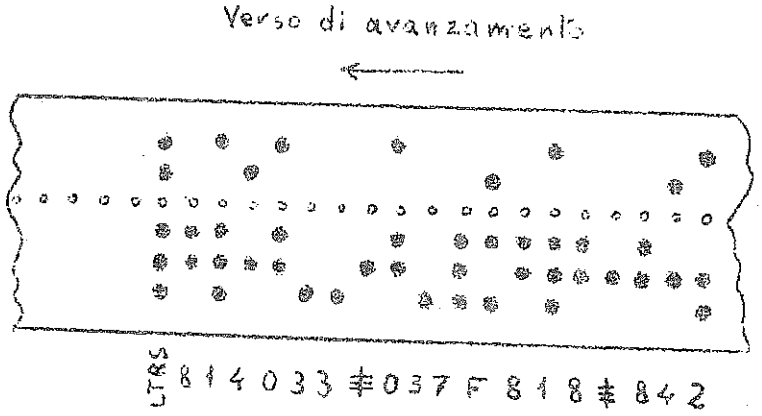
gno e O_5 converte e forma la cifra decimale; O_6, D_2, O_7, D_3, O_8 eseguono la conversione di codice. All'uscita in O_9 si stampa il carattere costruito e si prepara la determinazione del successivo. D_4 decide sul termine della operazione al quinto passo.

Sottoprogramma L:

1) Posizione fissa: 98 celle; 85 istruzioni e 13 costanti (oltre quelle fisse); 4 celle di lavoro e una di conteggio. Entrata: Δ 926, i-
struzione d'uscita in 966.

Legge istruzioni o numeri dal nastro: le istruzioni rappresentate da 4 caratteri, uno per il simbolo di operazione, 3 per l'indirizzo (da 0 a 999); i numeri rappresentati da 6 caratteri, uno per il segno, 5 per il modulo (da 0,00000 a 0,99999).

Passa automaticamente il nastro non perforato; il primo carattere perforato è interpretato come chiave: se è LTRS interpreta le perforazioni successive come istruzioni; in tutti gli altri casi come numeri. I 6 caratteri successivi alla chiave dànno rispettivamente: i primi tre l'indirizzo k della prima cella dove inviare le parole ottenute; gli altri 3 il numero n delle parole da leggere. Esempio:

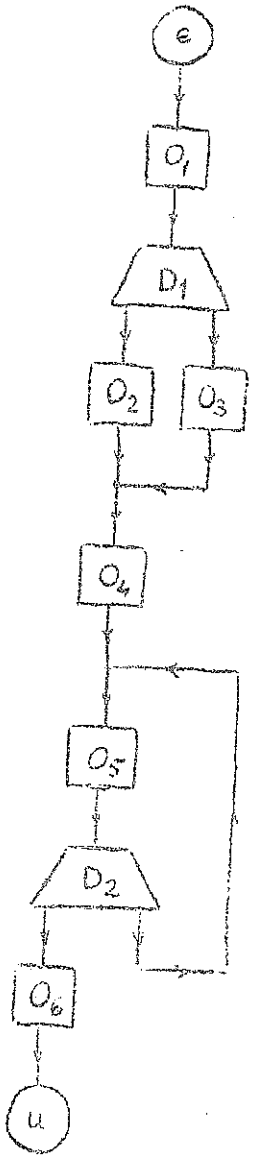


Questo tratto di nastro significa: inviare nelle 33 celle da A 814 in poi le istruzioni: n+A 37, Z+A 818, n+A 842,...

Il tempo di esecuzione dipende dalla velocità del veicolo di entrata, salvo al termine della lettura di un numero, dove intercorrono da 486 a 520 u.e.

2) Il tratto O_1, O_2, D_1 legge il tratto di nastro non perforato; la prima perforazione provoca l'uscita dal ciclo, e in O_3 si conserva la "chiave". O_4, O_5, O_6, D_2 eseguono la conversione decimale-binaria dei tre caratteri che seguono (il parametro 3 era stato predisposto da O_3); al termine si passa a O_7, che forma l'istruzione di trasferimento del blocco O_{15}. Si torna a O_4 ecc. per convertire i tre caratteri seguenti; in O_8 si forma la costante che verrà utilizzata in D_4 e si richiama la "chiave". D_3 decide fra "istruzioni" e "numeri"; nel primo caso si passa a O_9, nel secondo a O_{12}. In O_9 si prepara il parametro 4, perché la conversione che segue opera su 4 caratteri; in O_{10} si legge il simbolo di operazione e lo si mette da parte, entrando poi nel ciclo di conversione. Si esce ad O_{11}, dove si riprende il simbolo di operazione e lo si sistema nella parola formata. Per i "numeri", O_{12} prepara il parametro 5, O_{13} legge il segno e forma la prima istruzione di O_{14}; si esce in O_{14}, che sistema il segno e prepara la chiamata della divisione per 10^5. Eseguita la divisione si rientra in O_{15} dove si arriva pure nel caso "istruzioni": la parola voluta è pronta in A, e viene trasferita nella Memoria; si determina il nuovo indirizzo di trasferimento e in D_4 si esamina se la lettura è terminata. Se sì, si esce; altrimenti si rientra in O_{10} od O_{13} a seconda della "chiave" iniziale.

Sottoprogramma M: tavola I



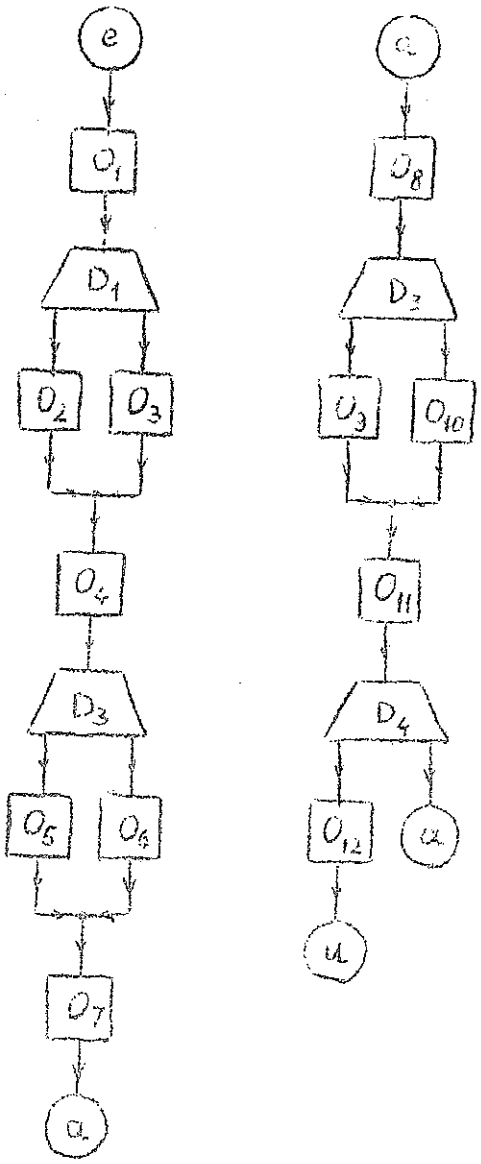
O_1: 814
D_1: 815
O_2: 816-817
O_3: 818
O_4: 819-822
O_5: 823-837
D_2: 838
O_6: 839-840
u : 841
cost.: 842-846

Sottoprogramma M: tavola II

O_1	814	n+A	37
D_1	815	Z+A	818
O_2	816	n+A	842
	817	Z	819
O_3	818	n+A	843
O_4	819	AM	839
	820	n+B	37
	821	nM	38
	822	nM	32
	823	n+A	37
	824	LpA	29
	825	A+A	844
	826	AM	827
	827	——	——
	828	AM	829
	829	——	——

O_5	830	A+A	38
	831	Wd	——
	832	AM	38
	833	BM	37
	834	n+A	32
	835	A+A	29
	836	AM	32
	837	A-A	17
D_2	838	Z-A	823
O_6	839	——	——
	840	A+A	38
u	841	——	——
cost.	842	n-A	36
	843	Z	840
	844	n+A	845
	845	Z	830
	846	n+A	36

Sottoprogramma D: tavola I

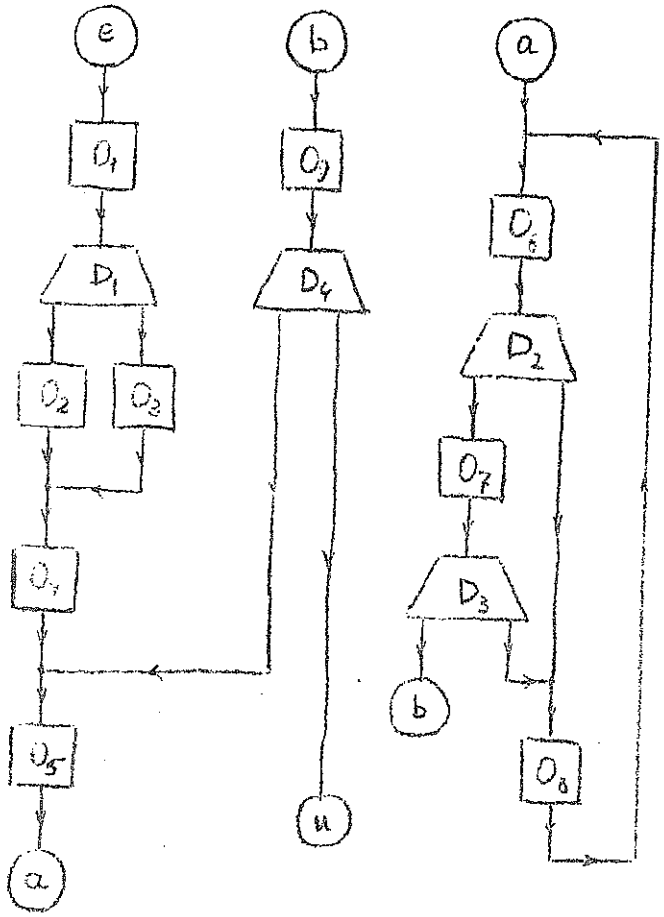


O_1 : 847
D_1 : 848
O_2 : 849-850
O_3 : 851-852
O_4 : 853-855
D_2 : 856
O_5 : 857-858
O_6 : 859-860
O_7 : 861-863
O_8 : 864-865
D_3 : 866
O_9 : 867-869
O_{10} : 870-871
O_{11} : 872-876
D_4 : 877
O_{12} : 878-883
u : 884
cost. : 885

Sottoprogramma D: tavola II

O_1	847	n-A	36
D_1	848	Z+A	851
O_2	849	n+A	865
	850	Z	853
O_3	851	AM	36
	852	n-A	865
O_4	853	A+M	878
	854	AM	38
	855	n-A	37
D_2	856	Z+A	859
O_5	857	n+A	38
	858	Z	861
O_6	859	AM	37
	860	n-A	38
O_7	861	A+M	883
	862	n+B	29
	863	nM	32
O_8	864	n+A	36
	865	A-A	37
D_3	866	Z+A	870
O_9	867	Ws	---
	868	A+A	37
	869	Z	872
O_{10}	870	Ws	---
	871	A-A	37
O_{11}	872	AM	36
	873	n+A	32
	874	A+A	29
	875	AM	32
	876	A-A	17
D_4	877	Z-A	864
O_{12}	878	(n+B	36)
	879	AM	36
	880	BM	37
	881	LnA	37
	882	AM	37
	883	(n+B	37)
u	884	---	---
cost.	885	$\rho_i(2^{10})$	

Sottoprogramma S: tavola I

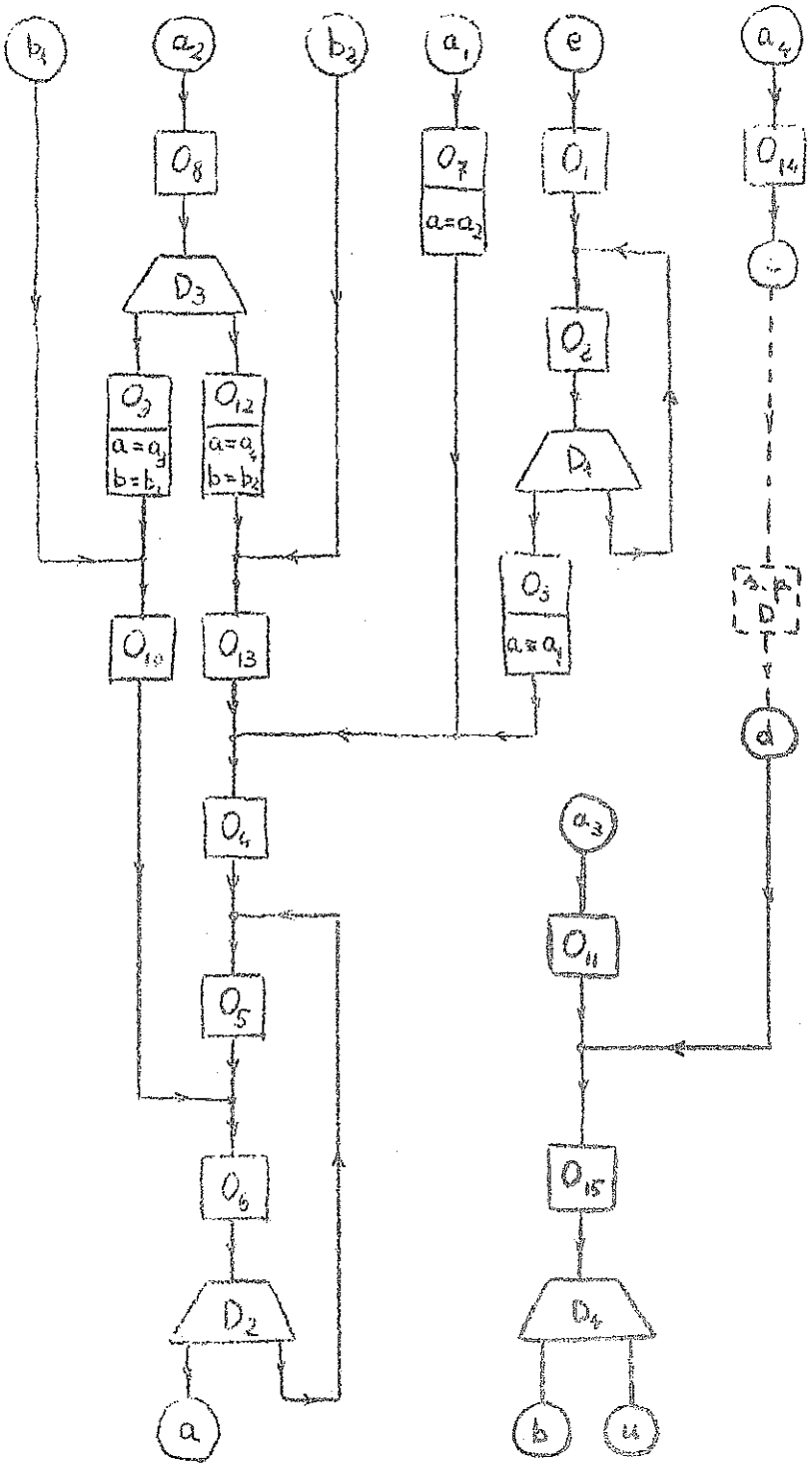


O_1 : 886
D_1 : 887
O_2 : 888-890
O_3 : 891-892
O_4 : 893-894
O_5 : 895-907
O_6 : 908-909
D_2 : 910
O_7 : 911-912
D_3 : 913
O_8 : 914-916
O_9 : 917-922
D_4 : 923
u : 924
cost. : 925

Sottoprogramma S: tavola II

O_1	886	n-A	36
D_1	887	Z-A	891
O_2	888	AM	36
	889	n+B	34
	890	Z	893
O_3	891	n+A	36
	892	n+B	17
O_4	893	BU	——
	894	nM	32
O_5	895	Vd	——
	896	Vd	——
	897	A+A	36
	898	n+B	13
	899	Ws	——
	900	Ws	——
	901	Ws	——
	902	Ws	——
	903	Vd	——
	904	AM	36
	905	BM	37
O_6	906	n+A	925
	907	AM	909
	908	n+A	37
	909	——	——
9 D_2	910	Z-A	914
O_7	911	AM	38
	912	n-A	38
D_3	913	Z+A	917
O_8	914	n+A	29
	915	A+M	909
	916	Z	908
O_9	917	n+B	909
	918	BU	——
	919	n+A	32
	920	A+A	29
	921	AM	32
	922	A-A	1
D_4	923	Z-A	895
u	924	——	——
cost.	925	A-A	0

Sottoprogramma L: tavola I



O_1 : 926
O_2 : 927
D_1 : 928
O_3 : 929-935
O_4 : 992-994
O_5 : 995
O_6 : 996-1008
D_2 : 1009
a : 1010
O_7 : 936-942
O_8 : 967-969
D_3 : 970
O_9 : 971-976
O_{10} : 977-982
O_{11} : 950-958
O_{12} : 983-988
O_{13} : 989-991
O_{14} : 943-949
O_{15} : 959-963
D_4 : 964
b : 965
u : 966
cost. : 1011-1023

Sottoprogramma L: tavola II

O_1	926	n-A	29
O_2	927	EA	——
D_1	928	Z-A	927
O_3	929	A-A	31
	930	AM	37
	931	n+A	16
	932	AM	38
	933	n+A	1012
	934	AM	1010
	935	Z	992
O_7	936	n+A	1013
	937	A+A	36
	938	AM	959
	939	AM	39
	940	n+A	1014
	941	AM	1010
	942	Z	992
O_{14}	943	——	——
	944	AM	36
	945	n+A	1023
	946	AM	37
	947	n+A	1015
	948	AM	884
	949	Z	847
	950	n+A	13
	951	——	——
	952	Vs	——
	953	Vs	——
O_{11}	954	Vs	——
	955	AM	37
	956	Vs	——
	957	A+A	37
	958	A+A	36
O_{15}	959	——	——
	960	n+A	959
	961	A+A	29
	962	AM	959
	963	A-A	39
D_4	964	Z+A	966
b	965	——	——
u	966	——	——
O_8	967	n+A	36
	968	A+M	39
	969	n+A	37
D_3	970	Z-A	983
O_9	971	n+A	10
	972	AM	38
	973	n+A	1016
	974	AM	1010
	975	n+A	1017
	976	AM	965
O_{10}	977	n+A	1019
	978	EA	——
	979	AM	951
	980	nM	36
	981	nM	32

	982	Z	996
O_{12}	983	n+A	1
	984	AM	38
	985	n+A	1020
	986	AM	1010
	987	n+A	1021
	988	AM	965
O_{13}	989	n+A	1022
	990	EA	——
	991	AM	943
O_4	992	n+A	1019
	993	nM	36
	994	nM	32
O_5	995	EA	——
O_6	996	AM	999
	997	AM	1002
	998	n+A	36
	999	——	——
	1000	Vs	——
	1001	Vs	——
	1002	——	——

	1003	Vs	——
	1004	AM	36
	1005	n+A	32
	1006	A+A	29
	1007	AM	32
	1008	A-A	38
D_2	1009	Z-A	995
a	1010	——	——
cost.	1011	n+A	36
	1012	Z	936
	1013	AM	0
	1014	Z	967
	1015	Z	959
	1016	Z	950
	1017	Z	977
	1018	n-A	36
	1019	A+A	0
	1020	Z	943
	1021	Z	989
	1022	n+A	984
	1023	ρ_t (10^5)	

PARTE IX^a

Descrizione logica dettagliata della struttura della macchina.

1. Nello schema MR/S/1 sono indicati i diversi organi della macchina ridotta, che possiamo raggruppare funzionalmente nei seguenti apparati:

1) Entrata, composto da:

LF: Lettore Fotoelettrico, per la lettura del nastro perforato;

AE: Adattatore d'Entrata, per l'adattamento dei livelli di uscita di LF a quelli in uso nell'interno della macchina;

2) Uscita, composto da:

Tl: Telescrivente, per la stampa su foglio di carta;

RU: Registro d'Uscita, per la serializzazione del carattere da stampare e il comando di Tl;

3) Quadro di comando manuale, composto da:

PA: Pulsante d'Avviamento, per l'avviamento della macchina al funzionamento automatico e per il comando manuale;

KmE: Commutatori meccanici Esterni; sono tre distinti:

- commutatore manuale-automatico, per la commutazione dal funzionamento automatico a quello manuale per istruzioni e per microistruzioni;
- commutatore di arresto condizionato;
- commutatore per le istruzioni esterne, per l'esecuzione di istruzioni impostate su TI;

TI: Tastiera delle Istruzioni, per l'impostazione manuale delle istruzioni esterne;

TM: Tastiera della Memoria, per l'introduzione manuale di una parola in M (istruzione QI);

IV: Indicatore Visivo, per la presentazione dell'ultima parola letta da M;

4) Unità aritmetica, composta da:

Cb: Combinatore, con funzioni varie di trasformazione logica e di commutazione sulle parole in ingresso all'Unità aritmetica;

Ad: Addizionatore, per l'esecuzione dell'operazione aritmetica fondamentale $\oplus$;

KA: Commutatore del Registro A: per il collegamento di A ad Ad e per le traslazioni;

KB: Commutatore del Registro B: per il collegamento di B ad Ad e per le traslazioni lunghe;

A: Registro A, registro aritmetico principale con funzione di accumulatore;

B: Registro B, registro aritmetico ausiliario con funzione di accumulatore;

KU: Commutatore d'Uscita, per la commutazione fra le uscite dei registri A e B;

5) Memoria, composto da:

M: Memoria propriamente detta, per la conservazione centrale delle informazioni;

KM: Commutatore della Memoria, per la commutazione fra la reiscrizione, la scrittura dall'uscita dell'Unità aritmetica e la scrittura da TM;

DM: Decodificatore della Memoria, per la localizzazione di una cella di M di dato indirizzo;

6) Controllo delle istruzioni, composto da:

KmR: Commutatore meccanico del Registro delle Istruzioni, per il collegamento di R a TI;

R: Registro delle Istruzioni, per la conservazione temporanea dell'istruzione in esecuzione;

KI, Commutatore dell'Indirizzo, per la determina

zione del registro da cui prendere l'indirizzo;

PN: Preselettore del Numeratore, per la determinazione delle modalità di intervento di CN;

CN: Condizionatore del Numeratore, per la formazione dell'indirizzo dell'istruzione successiva, da scrivere in N;

N: Numeratore, per la conservazione dell'indirizzo dell'istruzione da eseguire;

7) Controllo dinamico centrale, composto da:

T: Temporizzatore, che comanda il funzionamento temporale della macchina;

SF: Selettore di Fase, che stabilisce la fase di lavoro;

DC: Decodificatore del Controllo, che sceglie la microistruzione da eseguire;

SS: Selettore dei Segnali, che seleziona i segnali relativi ad ogni microistruzione;

SC: Selettore dei Comandi, che seleziona i comandi relativi ad ogni microistruzione.

2. Il funzionamento della macchina è in continua: ciò significa che vi sono essenzialmente due tipi di organi:

a) organi attivi,(1) dotati di memoria, le cui linee di uscita presentano su ciascun canale uno di due livelli di tensione possibili a seconda del loro contenuto. Tali organi sono anche dotati di una linea d'entrata, a più canali, su cui sono pure presenti livelli di tensione; questi non influenzano però il contenuto dell'organo, finché non

(1) Gli attributi attivo e passivo sono qui usati in senso puramente logico, senza alcun riferimento al significato che tali termini hanno nella teoria dei circuiti elettrici.

giunga - su apposita linea di comando - un impulso, il cui effetto è di sostituire l'informazione presente sulla linea d'entrata al contenuto precedente.

b) organi passivi, o reti logiche, le cui uscite statiche sono direttamente funzioni delle entrate, esattamente specificabili in termini di algebra di Boole. La particolare funzione dipende in generale dal valore (0 o 1, in corrispondenza dei due livelli di tensione) dei segnali (statici) presenti su opportune linee d'entrata.

Salvo alcune eccezioni, che risulteranno chiare in seguito, nello schema di cui sopra si sono indicati con un tratteggio gli organi passivi, lasciando in bianco quelli attivi.

3. La macchina procede, com'è noto, eseguendo successivamente le istruzioni il cui indirizzo è di volta in volta contenuto in N; per ogni istruzione occorrono due fasi:

a) la fase d'entrata, in cui si trascrive in R l'istruzione il cui indirizzo era contenuto in N, e si aumenta di 1 il contenuto di N stesso, preparando così in generale lo indirizzo dell'istruzione successiva; questa fase è la stessa per tutte le istruzioni;

b) la fase di esecuzione, che segue la precedente ed è diversa per le diverse istruzioni, consistendo però sempre nello scrivere in qualche registro, eventualmente dopo aver letto la Memoria.

Lo svolgimento temporale delle fasi descritte è determinato da T, che - in funzionamento automatico - invia un ciclo di tre impulsi sulle uscite ξ_1, ξ_2, ξ_3. Le prime due vanno al SC, che smista gli impulsi ai vari registri; in particolare, nelle fasi in cui interviene la Memoria, lo

impulso da ξ_1 è trasmesso all'entrata M1 di M ed effettua la lettura e cancellazione della cella localizzata da DM; l'impulso da ξ_2 giunge invece simultaneamente sia in M2, provocando la scrittura della cella precedentemente letta, sia in tutti i registri in cui occorra scrivere. Il terzo impulso da ξ_3 perviene a SF, di cui cambia lo stato. Questo ciclo di tre impulsi costituisce una microistruzione; in questa macchina la fase di entrata richiede una sola microistruzione, e lo stesso si è ottenuto per la fase di esecuzione limitando opportunamente, come si è già accennato, la scelta delle istruzioni.

Tutto il discorso che precede vale esattamente tanto per la fase d'entrata che per tutte le fasi di esecuzione; quello che distingue la prima dalle altre è lo stato di SF (e la corrispondente uscita: 1 per la fase d'entrata, 0 per le altre); il terzo impulso di cui sopra ha dunque proprio lo scopo di far succedere alternativamente ad una fase d'entrata una di esecuzione e viceversa.

Per una descrizione completa di ogni singola fase (considerando per il momento il solo funzionamento automatico e trascurando le influenze degli altri organi sul funzionamento di T) è sufficiente indicare per ciascuna rete logica le funzioni delle entrate che devono essere presenti in uscita, tenendo conto del fatto che queste entrate sono a loro volta uscite di altri organi, e specificare per ogni organo attivo se gli debbano o no pervenire impulsi di comando. Tali indicazioni si trovano nella tabella MR/T/1, dove con il simbolo di un organo seguito da una μ si indica l'uscita dell'organo stesso; per ognuna delle uscite che interessano - riportate in testa - è segnata la funzione logica di cui sopra, mentre sotto il simbolo SC sono indicati gli organi attivi che ricevono

comandi (la cui successione temporale è già stata descritta). Tali indicazioni si trovano per ogni singola fase di esecuzione in corrispondenza dei relativi simboli mnemonici dell'istruzione, e per la fase di entrata nell'ultima riga. Nella seconda colonna è indicata l'entrata di DC, che per ogni microistruzione - come vedremo - effettua attraverso SS e SC la selezione dei segnali che occorre inviare agli organi passivi per realizzare le funzioni esposte nella tabella, e dei comandi da inviare agli organi attivi.

Nella stessa tabella sotto il simbolo T sono indicate le condizioni di arresto e di sospensione e le relative modalità di partenza (v. appresso l'illustrazione della tavola T/L/1).

4. Prendiamo ora in considerazione tutte le circostanze che possono alterare il già descritto funzionamento ciclico di T; queste in funzionamento automatico sono essenzialmente di due tipi: arresti e sospensioni. Gli arresti si verificano nelle istruzioni F e G, le sospensioni possono verificarsi nelle istruzioni EA e BU, che riguardano gli organi meccanici esterni. Gli arresti sono interruzioni dell'emissione di impulsi da T a carattere permanente; tali interruzioni hanno l'effetto di lasciare la macchina "ferma" (cioè in una situazione completamente statica). Una nuova partenza si può avere solo con comando esterno su PA, il cui effetto è di far riprendere il ciclo operativo come se l'interruzione non fosse mai avvenuta. Le sospensioni sono interruzioni temporanee dell'emissione degli impulsi, necessarie per adattare il ritmo della macchina a quello - molto più lento e indipendente - degli organi elettromeccanici di en-

trata e uscita; la partenza è in questo caso automatica, dipendendo dalla comparsa in T di un segnale di "pronto" proveniente dall'organo interessato.

Tanto gli arresti che le sospensioni avvengono in ogni caso immediatamente dopo che SF è passato dallo stato 1 allo stato 0, introducendo così la fase di esecuzione: l'ultimo impulso emesso da T è dunque quello in ξ_2. Nell'istruzione F l'arresto avviene sempre, mentre nella istruzione G esso è condizionato alla posizione di un commutatore meccanico del quadro di comando. Le sospensioni avvengono quando LF, per l'istruzione EA, e T1, per l'istruzione BU, non sono pronti a ricevere un nuovo impulso di comando per essere ancora impegnati nell'operazione precedente.

E' possibile far funzionare la macchina in modo non automatico (funzionamento manuale) e in due modi diversi: o eseguendo singole microistruzioni o intere istruzioni ad ogni pressione di PA. La distinzione fra i tre modi di funzionamento - automatico, manuale per istruzioni e manuale per microistruzioni - dipende dalla posizione di un commutatore meccanico del quadro di comando. Si noti che in funzionamento "manuale per istruzioni" la macchina - a differenza che negli arresti - si ferma appena introdotta la fase di entrata, cioè quando SF passa da 0 a 1; ciò implica che dopo un arresto in queste condizioni occorre un primo comando esterno per terminare l'esecuzione dell'istruzione di arresto prima di poter eseguire ulteriori istruzioni.

5. I tre impulsi uscenti da T debbono essere cronologicamente successivi, anche dal solo punto di vista logico, in quanto:

a) l'impulso uscente da ξ_1 provoca la lettura della Memoria e l'informazione che si presenta all'uscita di M serve per determinare ciò che verrà scritto in A, B, N, o R per effetto dell'impulso uscente da ξ_2;

b) l'impulso uscente da ξ_3, modificando lo stato di SF, altera l'entrata di DC, e quindi i segnali che - determinando il comportamento delle reti logiche - influenzano le informazioni presenti alle entrate dei registri. Tali segnali debbono invece restare costanti finché non sia terminata l'operazione di scrittura iniziata dall'impulso uscente da ξ_2;

c) la lettura di M, determinata dall'impulso uscente da ξ_1, può avvenire solo dopo che sia stato definito l'indirizzo della cella da leggere, il che è una delle conseguenze dell'impulso uscente da ξ_3.

L'effettiva ampiezza di tali intervalli di tempo, più che da motivi logici, dipende però da ragioni tecniche inerenti al comportamento degli organi reali durante le transizioni; su questo argomento si ritornerà nella sede opportuna. Per il momento terremo soltanto conto dell'esistenza di questi intervalli, che indicheremo rispettivamente con t_{12}, t_{23}, t_{31}; la durata di una microistruzione - che possiamo chiamare <u>unità elementare</u> (u.e.) - risulta dalla somma $t_{12}+t_{23}+t_{31}$. Comunque, limitazioni tecniche esistono solo per i limiti inferiori di tali intervalli, mentre non ci sono limiti superiori di sorta; ne segue che, mentre non si ha una velocità minima di funzionamento - tanto è vero che la macchina può funzionare anche su comando manuale - esiste una velocità massima, che è inversamente proporzionale all'unità elementare.

Una vera difficoltà logica si presenta invece per l'esistenza di circuiti chiusi intorno ad A, B, N, in

quanto ciò che si scriverà in uno di tali registri dipende dal contenuto attuale del registro stesso. Tale difficoltà si supera introducendo in detti circuiti, un ritardo di ampiezza t_r sufficiente ad assicurare che l'entrata di un registro non varii per effetto dell'operazione di scrittura, finché non sia completata l'operazione stessa.

6. Per tutti gli organi passivi - cioè per tutti quelli tratteggiati nello schema MR/S/1, tranne AE e IV, su cui dal punto di vista logico non c'è altro da dire - alleghiamo delle tavole descrittive con la struttura logica dettagliata e tutte le indicazioni necessarie per la precisa definizione della funzione dell'organo e per il suo inserimento nel complesso. Tali tavole, tutte contraddistinte con la sigla L, contengono:

a) Il simbolo dell'organo, quale risulta dallo schema MR/S/1; tutte le linee di entrata sono indicate con la lettera ℓ (eventualmente munita di apici), e quelle di uscita con la lettera μ; eventuali entrate di informazione singole sono indicate con lettere greche minuscole. Le linee di segnale sono numerate organo per organo, mentre nello schema generale esse portano l'indicazione dell'uscita di SS cui sono effettivamente connesse: questo perché in tale schema quella notazione ha solo lo scopo di sostituire le linee di connessione, interrotte all'uscita di SS per comodità grafica. Eventuali uscite di segnale sono indicate con lettere greche minuscole, eventualmente dotate di indici. Per gli organi costituiti di più elementi uguali, sotto il simbolo è riportato il numero degli elementi.

b) La tabella di funzione, in cui, in corrispondenza delle combinazioni dei valori delle linee di segnale che interessano, è specificata per ogni uscita la particolare fun-

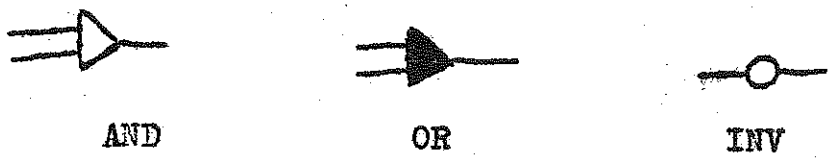
zione logica delle entrate. Questa tabella definisce completamente il comportamento dell'organo.

c) La tabella delle connessioni, dove - a parte eventuali connessioni interne fra gli elementi di uno stesso organo - sono indicate le uscite cui le entrate dell'organo si connettono. La tabella delle connessioni, insieme con quella di funzione, permette di precisare le entrate di segnale necessarie per ogni combinazione richiesta dalla tabella delle microistruzioni MR/T/1.

d) Lo schema logico degli elementi per gli organi multipli, o lo schema logico complessivo per quelli unitari; tali schemi consistono in un diagramma simbolico delle connessioni logiche fra le varie linee (singole); le entrate di informazione sono designate con la stessa lettera usata nel simbolo dell'organo, munita di indice nel caso di organi multipli; analogamente per le linee di uscita, per le quali in generale è indicata anche la formula corrispondente. Le linee di segnale e quelle di connessione interne hanno invece - per gli organi multipli - denominazioni autonome corrispondenti, per le prime, alle uscite del distributore dei segnali.

e) Il distributore dei segnali, il cui diagramma - per gli organi multipli - precisa la corrispondenza fra le entrate di segnale (singole) dell'organo e quelle degli elementi; queste ultime si connettono in parallelo alle uscite del distributore che recano lo stesso nome. Per queste uscite è anche indicato il numero di elementi che vi si collegano.

Nei diagrammi sono state usate le seguenti convenzioni grafiche: gli elementi logici fondamentali come in figura; le linee di connessione continue sono a tratto intero, quelle impulsive tratteggiate (tavole SC/L/1 e T/L/1), men-



tre nello schema generale le linee impulsive erano punteggiate, quelle continue singole tratteggiate, le continue a più canali a tratto intero. Eventuali simboli speciali sono definiti di volta in volta.

Per tutte le reti logiche si sono adottati i seguenti criteri generali di progetto:

a) minimo numero di connettivi logici fondamentali;

b) entrate dall'esterno preferibilmente sugli OR;

c) non più di 3 AND o OR in cascata (per elemento).

Questi criteri sono stati dettati da esigenze tecniche che verranno illustrate in seguito.

7. Quanto precede è sufficiente per la comprensione di tutte le tavole Ad/L/1, Cb/L/1, CN-PN/L/1, DC-DM/L/1, KA-KB-KM/L/1, KI-KmR-KU/L/1; per le rimanenti basta aggiungere i cenni di spiegazione che seguono.

Tavola SC/L/1:

L'organo SC ha una funzione mista, in quanto ha delle entrate continue ed altre impulsive - su cui opera logicamente - mentre le uscite sono tutte impulsive. A parte questo si tratta di una rete logica come tutte le altre.

Tavola SS/L/1:

In questa manca la tabella di funzione, che si trova nella tavola SS/T/1. Tale tabella si ricava direttamente da quella delle microistruzioni (MR/T/1), sostituendo alle funzioni logiche ivi indicate i valori dei segnali che le determinano, come risultano dalle tabelle di funzione dei vari organi passivi. Per SC la cosa è molto semplice, do-

vendosi solo scrivere un 1 per ogni impulso che deve uscire dalle linee $\mathcal{K}$. In ogni caso la comprensione della tabella è facilitata dalla presenza, nella seconda colonna, dei nomi delle entrate di segnale cui sono connesse le uscite di SS. Nella tabella di funzione di SS, come in altri casi analoghi, sono stati indicati esplicitamente solo i valori delle uscite che effettivamente interessano; le altre, indifferenti, sono in effetti considerate tutte nulle per ragioni di semplicità costruttiva.

Lo schema logico di SS si ricava poi immediatamente dalla tabella di funzione anzidetta ponendo per ciascuna linea di entrata (verticale) una connessione agli OR di uscita (linee orizzontali) in corrispondenza di ogni 1 della tabella. La struttura di SS è in strettissima relazione con il comportamento della macchina dal punto di vista logico-matematico descritto nel par. 2; infatti una volta stabilite le proprietà e il comportamento dei singoli organi, ciò che la macchina fa dipende unicamente dalle connessioni interne di questo organo. Ciò rende possibile l'aggiunta o la modifica di istruzioni entro larghi limiti senza alterare la struttura del resto della macchina, ma solo cambiando le particolari connessioni interne di SS.

Tavola T/L/1:

La parte centrale di T è l'anello di circolazione degli impulsi, costituito dai tre elementi di ritardo t_{12}, t_{23}, t_{31} , da un AND di rientro e da un OR di ingresso. In funzionamento automatico l'impulso circola attraverso l'anello, in quanto l'AND di rientro porta un 1 sulla linea continua e quindi consente il passaggio dell'impulso; all'OR di ingresso non possono invece presentarsi altri

impulsi. Le uscite ξ_1, ξ_2, ξ_3 sono prese a monte degli elementi di ritardo. L'AND di rientro blocca il passaggio dell'impulso appena si presenta uno 0 sulla linea continua: ciò accade quando in una delle tre entrate dell'OR triplo la cui uscita attraverso un INV entra nell'AND di rientro, compare un 1. Se è la prima linea a sinistra a portare un 1, si tratta di arresto; negli altri due casi, di sospensione. Esaminiamo il primo caso: l'1 che entra nell'OR triplo sopra citato esce da un OR quadruplo, le cui quattro entrate corrispondono a quattro possibili condizioni di arresto che esamineremo fra poco; l'uscita di questo OR quadruplo giunge anche ad un secondo AND, che lascia passare l'impulso circolante nell'anello quando l'AND di rientro lo arresta. Tale impulso provoca la commutazione del flip-flop indicatore di marcia (che finora era nello stato 0: "marcia"). L'1 che così compare all'uscita di tale flip-flop giunge all'AND di avviamento, aprendo la strada - normalmente interrotta - per un impulso che provenga da PA. (In questo modo si effettua la protezione da impulsi che possano partire per errore da PA). Questo impulso entra nell'anello attraverso l'OR d'ingresso e, a seconda dello stato dell'AND di rientro, riprende a circolare nell'anello o viene di nuovo arrestato dopo aver dato luogo all'emissione di un ciclo di impulsi alle uscite. L'impulso da PA attraverso un breve ritardo giunge anche al flip-flop, rimettendolo in posizione di "marcia" e inibendo così nuovamente l'entrata in circolo di impulsi da PA.

Le condizioni di arresto sono:

Ti = 1 , corrispondente all'istruzione di arresto incondizionato;

$T2 = 1$ e $k_1 = 1$, corrispondente all'istruzione di arresto condizionato;

$k_2 = 1$ e $\rho = 1$, corrispondente al funzionamento manuale per istruzioni;

$k_3 = 1$, corrispondente al funzionamento manuale per microistruzioni.

Sulle prime due condizioni non c'è altro da dire; quanto alla terza, si noti che il primo impulso che esce da ξ_3 dopo l'avviamento cambia da 1 a 0 l'entrata ρ (che non è altro che l'uscita di SF) per cui occorrono due cicli perché la macchina si arresti di nuovo, cioè un'intera istruzione. Nella quarta condizione viene invece chiaramente percorso un solo ciclo per volta (microistruzione).

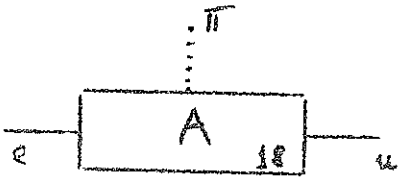
Nelle sospensioni l'impulso circolante viene semplicemente arrestato, lasciando il flip-flop in posizione di "marcia". Poiché le sospensioni sono connesse all'utilizzazione degli organi di entrata ed uscita, la partenza si effettua automaticamente mediante opportuni generatori di impulsi. La funzione degli AND che seguono tali generatori è di lasciar passare gli impulsi solo se il funzionamento della macchina ha subito una sospensione; i ritardi indicati nello schema hanno lo scopo di assicurare che l'impulso che li attraversa non entri in circolo prima di quanto avrebbe fatto quello che è stato interrotto. Le condizioni di sospensione sono ovviamente subordinate alla presenza di un segnale di "non pronto" da parte di uno degli organi esterni, e all'aver preparato la fase di esecuzione di un'istruzione che utilizzi lo stesso organo.

Concludiamo osservando che tutte le condizioni di arresto e sospensione sono determinate dal valore della linea continua dell'AND di rientro, che viene stabilito - per effetto dell'impulso uscente da ξ_3 - precedentemente

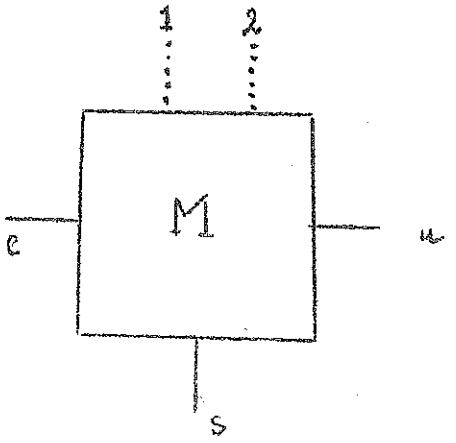
all'arrivo su tale AND dell'impulso circolante nell'anello.

8. Sugli organi attivi poco c'è da dire dal punto di vista logico, data la semplicità della loro funzione; per lo stesso motivo non ne vengono dati schemi, ma solo la descrizione verbale che segue.

Per i registri A,B,R,N si è adottato il simbolo riportato in figura; e è l'entrata del registro, u l'uscita - che presenta il contenuto del registro - π l'entrata di comando. Un impulso in π provoca la scrittura nel registro. A destra in basso dentro il simbolo, è riportata la molteplicità del registro.



La Memoria, il cui simbolo è indicato in figura, presenta un'entrata d'informazione e a 18 canali, un'uscita u sempre a 18 canali, un'entrata di selezione s a 64 canali per la localizzazione geometrica di una cella. Le celle si possono pensare disposte a matrice quadrata di 32x32; la localizzazione di una cella richiede sui primi 32 canali un solo 1 in corrispondenza della riga cui appartiene la cella, e sugli altri 32 un 1 in corrispondenza della colonna. M è dotata poi di due entrate di comando: 1 e 2; l'impulso in 1 provoca la lettura con conseguente cancellazione della cella selezionata, e la comparsa in u dell'informazione letta sotto forma di livelli statici. L'impulso



in 2 effettua invece la scrittura dell'informazione presente in $\mathcal{L}$ nella cella selezionata e previamente cancellata; l'uscita non viene alterata da questo impulso.

SF può essere considerato come un registro ad un solo bit, con la differenza che l'impulso di comando in provoca senz'altro il cambiamento di stato e quindi quello dell'uscita di segnale .

Dei vari organi degli apparati di comunicazione con l'esterno resta da dira ancora qualcosa su:

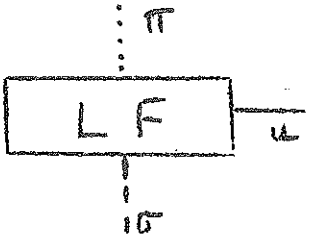
KmE: il simbolo è quello indicato in figura e le uscite hanno le seguenti funzioni:

u_1 vale 1 se il commutatore di arresto condizionato è in posizione "arresto", 0 se è in posizione "salto";

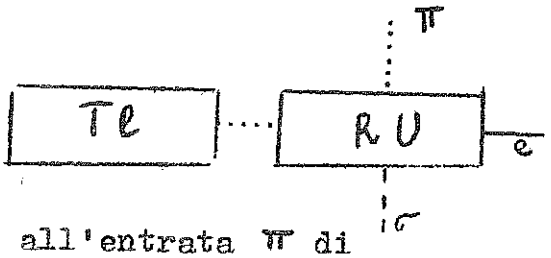
u_2 e u_3 valgono rispettivamente 0,0 se il commutatore manuale-automatico è in posizione "automatico"; 1,0 se in posizione "manuale per istruzioni"; indiff., 1 se in posizione "manuale per microistruzioni";

χ vale 0 se il commutatore per le istruzioni esterne è in posizione "interno", 1 se in posizione "esterno".

LF: il simbolo è indicato in figura; l'uscita u a 5 canali è continua, come pure l'uscita di segnale σ, che vale 0 se LF è "pronto", cioè se in u è già presente l'informazione corrispondente al carattere in lettura, 1 altrimenti. L'entrata di comando π provoca l'avanzamento del nastro di un carattere.



RU e Tl: i simboli sono indicati in figura; l'entrata ℓ è continua a 5 canali, l'uscita di segnale σ, pure continua, vale 0 se Tl è "pronta" cioè se è in grado di accettare impulsi di scrittura. L'impulso all'entrata π di RU provoca la scrittura in RU dell'informazione presente in ℓ e l'emissione degli impulsi necessari per far stampare il carattere corrispondente su Tl.



^^^^^^^^^^^^^^^^^

PARTE III^a

Criteri Generali di progetto e descrizione dei circuiti elettrici.

1. Nella progettazione dei circuiti elettrici, si sono sempre tenuti presenti alcuni criteri generali che verranno di seguito esposti e che sono stati dettati dalle esigenze di sicurezza, di velocità, di rapida ricerca dei guasti ed infine di facile modificabilità di tutto il complesso.

Inoltre il funzionamento in continua ha avuto una notevole influenza nei particolari circuiti usati perché mentre da una parte ha richiesto una dissipazione media più alta, ha notevolmente semplificato tutti i circuiti in quanto questo tipo di funzionamento non richiede sincronizzazioni e quindi circuiti che hanno stringenti esigenze di riproducibilità nei tempi. D'altra parte questa criticità si trasferisce parzialmente sui livelli di tensione per cui vengono richiesti in alcuni casi partitori resistivi con componenti di precisione. Si deve però osservare che tale necessità è dovuta soltanto al fatto che si è voluto conservare un largo margine di sicurezza nel funzionamento degli elementi che contengono tali partitori. Una importante conseguenza del funzionamento in continua sta nella facilità con cui possono essere effettuati controlli del funzionamento per mezzo di un semplice voltmetro. Infatti, come già detto in altra parte, la macchina può eseguire un'istruzione oppure una microistruzione alla volta i cui risultati possono essere verificati staticamente.

Nella scelta dei tubi si è sempre - dove possibile - osservato il criterio di usare tubi a lunga vita, particolarmente studiati per funzionamento a scatto (ON -

OFF). Ciò ha portato a usare su larga scala il tubo Philips E 88 CC di notevoli prestazioni (di recente messo in produzione) e pochi altri tipi facilitando così il lavoro di manutenzione. Questo tubo presenta inoltre il vantaggio di potere erogare forte corrente con bassa tensione anodica e quindi con basse dissipazioni.

Nella memoria vi sono però casi nei quali la produzione di tubi professionali non soddisfaceva le nostre esigenze, (tubi finali di comando lettura-scrittura, tubi finali per l'inibizione).

Ci si è trovati pertanto nella necessità di usare tubi commerciali (EL 84) che pur presentando caratteristiche eccezionali, non possono dare la completa sicurezza del loro comportamento nel tempo. Va notato, per inciso, che l'uso di tubi finali di pilotaggio non adatti a lavorare ON - OFF è comunemente adottato nelle calcolatrici fino ad ora costruite.

Le tensioni di segnale, unificate in tutta la macchina, sono state scelte in + 10V e - 10V, intervallo che è stato giudicato sicuro per pilotare i circuiti a scatto, anche tenendo conto delle inevitabili perdite di segnale causate dalla caduta nei diodi e dagli spostamenti di livello nei trasferitori catodici. Conseguenza di questa scelta è stata quella delle tensioni di alimentazione delle reti a diodi in + 50V e - 50V che consentono, alla luce di un lavoro teorico che apparirà tra le Note, il migliore compromesso tra l'assorbimento di corrente e la dissipazione nella rete stessa.

Queste due tensioni, oltre che per alimentare le reti a diodi, sono pure usate nei circuiti con tubi insieme alle altre due tensioni + 150V e - 150V adottate specificamente per questo scopo. Si ottiene con queste ultime

il risultato di avere tensioni anodiche adeguate per i tubi amplificatori e un negativo convenientemente elevato a cui riportare i partitori di segnale senza troppo sacrificio per l'amplificazione.

Infine si hanno due tensioni + 10V e - 14V che hanno lo scopo di fornire i livelli di riferimento ogni volta che il segnale viene amplificato per eliminare le attenuazioni che subisce attraverso la rete a diodi. Queste tensioni sono asimmetriche perché i tagli avvengono sempre sulle griglie dei trasferitori catodici di uscita che tendono a spostare tutti i livelli verso tensioni più positive. Perciò mentre il taglio superiore a + 10V garantisce una uscita almeno + 10V, quello inferiore deve essere portato più negativo perché nelle varie condizioni di lavoro non accada mai che il segnale possa diventare più positivo di - 10V.

Queste scelte offrono pure per la memoria una ben distribuita gamma di valori. Si è sentita però la necessità di usare per i tubi finali (comando lettura-scrittura, inibizione), e per l'amplificatore di lettura la tensione + 190 V, che si otterrà con un alimentatore separato. L'uso di un alimentatore separato è del resto giustificato dall'alto valore delle correnti in gioco e dalle forti, brusche variazioni fra valore massimo e valore medio.

Infine si è sistematicamente seguito il criterio di disaccoppiare gli organi fra loro progettandoli in modo che presentassero sempre basse impedenze di uscita e alte impedenze d'entrata.

In questo modo si può, anche se ciò viene ad aumentare il numero dei tubi usati, praticamente dire che nessun organo trasferisce corrente in un altro. Ne consegue che essendo state standardizzate le impedenze di en-

trata e di uscita non esiste alcun problema per quanto riguarda gli accoppiamenti dei vari organi tra loro, esclusione fatta per le capacità parassite dei fili di connessione, che sono state tenute in conto, ma che, nel peggiore dei casi, potrebbero solo rallentare ma non pregiudicare il funzionamento della macchina.

Infatti le capacità parassite possono, nei circuiti accoppiati in continua, aumentare il tempo necessario per una determinata variazione di tensione (nel nostro caso ad esempio da - 10V a + 10V) senza alterare però il valore finale di equilibrio. Ciò non è vero nel caso di circuiti funzionanti ad impulsi in cui si possono avere attenuazioni e alterazioni delle forma d'onda tali da impedire il corretto funzionamento. In questo caso la valutazione delle capacità parassite è molto più critica ed è appunto uno degli scopi di questa macchina il mettere in evidenza il reale valore di tali capacità onde apportare eventualmente quelle modifiche che fossero necessarie.

Per i circuiti funzionanti ad impulsi si tratterà di ottenere la massima sicurezza di funzionamento, per quelli in continua di garantire una velocità minima.

I componenti usati sono stati scelti in modo da garantire la massima stabilità. In particolare per i resistori che formano i partitori è stato usato un tipo di precisione di nuova fabbricazione che dà notevoli garanzie.

Le connessioni tra i vari organi sono realizzate con fili semplici perché sono quelli che nelle condizioni di lavoro, consentono le minori capacità parassite. D'altra parte l'uso di cavi coassiali chiusi sulla propria impedenza caratteristica, avrebbe condotto alla necessità di correnti assolutamente proibitive a causa del

l'ampiezza dei segnali e dell'accoppiamento in continua.

Per quanto riguarda la velocità della macchina, si è cercato di renderla la massima compatibile con l'uso dei tubi scelti senza ricorrere a circuiti speciali. La semplicità dei circuiti è stata uno dei fattori determinanti nella definizione degli schemi usati. I risultati ottenuti sono tuttavia notevoli in quanto i fronti che determinano i cambiamenti di livello sono di 0,5 mms nel caso più lento e arrivano a 0,05 mms nel caso, come nell'addizionatore, di particolari esigenze di velocità.

Nella progettazione delle reti logiche si sono tenuti presenti i seguenti criteri generali :

a) realizzare ove possibile i vari circuiti in modo che alla loro entrata figurasse un OR in quanto ciò facilitava la connessione con il trasferitore catodico pilota.

b) realizzare i circuiti logici come catene di OR - AND - OR oppure AND - OR - AND senza superare i tre stadi in quanto l'alternarsi di un OR con un AND facilitava la progettazione. Superare i tre stadi comportava invece delle difficoltà o nelle correnti che potevano diventare troppo elevate per il tubo pilota o per l'impedenza di uscita della rete che diventava troppo alta.

Tutti i circuiti che realizzano reti logiche sono stati progettati secondo questi criteri per cui nel commento ai singoli organi verranno solo accennate caratteristiche speciali dell'organo in questione.

2. Combinatore :

Gli elementi del Combinatore sono stati progettati per lavorare con tempo di salita del segnale di

0,5 mms. L'inversione del segnale presente all'ingresso è ottenuta mediante un invertitore standard del tipo usato nell'Addizionatore. (Dis. Cb/Ed/1). Il disegno elettrico e quello meccanico rappresentano un elemento dei 6 che sono collegati all'Adattatore di Entrata e che hanno in più, rispetto agli altri 12, la parte tratteggiata. Il montaggio è effettuato su chassis standard con spina a 24 posti e i componenti sono disposti secondo il disegno Cb/Mo/1.

Associati al Combinatore sono i circuiti del "distributore" che fornisce gli opportuni segnali alle linee $\alpha, \bar{\alpha}, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$. Questi circuiti debbono portare le rispettive uscite a $\pm$ 10V erogando una corrente che dipende dall'insieme delle tensioni presenti ai vari ingressi, con un massimo di circa 100 mA. Essi sono perciò realizzati come degli alimentatore stabilizzati che presentano una impedenza di uscita di circa 5 Ohm ma possono variare la loro uscita a seconda del segnale entrante tra + 10V e - 10V in un tempo di circa 0,5 mms. (Dis. D Cb/Ed/1). Questi circuiti sono identici, a parte la corrente, a tutti i distributori dei commutatori.

Il montaggio di questi circuiti è effettuato su degli chassis standard di dimensioni pari a 6 chassis piccoli, che possono venire inseriti nelle fasce di montaggio e che portano 3 circuiti completi di quelli descritti. (Dis. CS2/Mc/1).

3. Addizionatore :

Nell'Addizionatore, a differenza di tutti gli altri organi, si sono presentate speciali esigenze di velocità. Infatti il tempo necessario a completare la somma, dipende dal ritardo con cui si propagano i segnali di riporto.

Il segnale di riporto viene formato nel circuito indicato nel disegno Ad/Ed/2. L'uscita è doppia e presenta sia il segnale di riporto (v_i) sia il suo opposto ($\bar{v}_i$). vi entra nell'elemento successivo come un terzo addendo insieme a e_{i-1}, e'_{i-1} (Dis. Ad/Ed/1). Il segnale di somma di questo circuito non può presentarsi finché non sono presenti all'ingresso i tre segnali sopra detti dei quali β_i (= v_{i-1}) dipende dal circuito di riporto precedente. Per ottenere un breve tempo di somma (inteso come il tempo necessario perché alle uscite u_i sia presente la tensione + 10V o - 10V) il ritardo tra l'entrata e l'uscita del circuito di riporto deve essere reso il più piccolo possibile. Progettando la rete logica in modo che potesse passare fronti con tempi di salita di 0,1 mms e tagliando il segnale amplificato dai tubi che effettuano la doppia inversione, si è ottenuto un ritardo massimo di 0,05 mms, che permette di effettuare la somma di 36 cifre binarie in 1,8 mms. Nella macchina ridotta, che dispone di soli 18 stadi, il tempo si riduce a 0,9 mms.

I tubi amplificatori presenti sulle uscite vi e u_i permettono di mantenere il livello di uscita a ± 10V anche se il livello di entrata scende a ± 3V. Ciò è conseguenza del fatto che il circuito di amplificazione è stato calcolato in modo da funzionare correttamente anche con una diminuzione della transconduttanza dei tubi fino al 30%.

Ciascun elemento è montato su due chassis ; uno per il circuito di somma e uno per quello di riporto. I dettagli del montaggio dei componenti sono mostrati nel dis. Ad/Ro/1.

Le interconnessioni tra elementi, che come si è detto interessano solo questo organo, sono invece mostrate nel dis. Ad/Ed/3.

4. Commutatori:

I commutatori KA, KB, KI, KM, KU come quello indicato nel disegno K/Ed/1 possono essere a due o a tre posizioni. Tuttavia si prevede che nella macchina completa ve ne saranno a 4 o a 5 posizioni. I fronti di salita e discesa sono stati calcolati in 0,5 mms. Il montaggio è stato studiato in modo che in un solo chassis possono trovare posto anche commutatori a 5 posizioni. I commutatori sono montati su chassis standarde i particolari del montaggio sono dati nel disegno K-R/Mo/1. Per i distributori relativi valgono le considerazioni fatte per quelli del combinatore.

Tra i commutatori fa eccezione KmR che serve a commutare l'entrata al registro R tra il quadro di comando e l'uscita dalla memoria. Poiché in questo caso non esistono esigenze di velocità esso è stato realizzato a relé sistemati sul retro della fascia che porta R.

5. Registro:

Come indicato nel disegno MR/S/1 i registri nella macchina sono A, B, R, RU, N e sono tutti realizzati, secondo lo stesso schema.

Il funzionamento di questi registri richiede alcuni chiarimenti. Infatti essi sono stati progettati in modo che potessero registrare informazioni che fossero funzioni dell'uscita del registro stesso. A questo scopo è necessaria una memoria temporanea che conservi l'informazione presente all'entrata anche quando il contenuto del registro che la determina è stato cancellato. Una situazione tipica a questo riguardo si ha nelle traslazioni. Il tempo per cui deve essere conservata l'informazione all'entrata è sufficiente che sia di 1 mms perché tale è

il tempo necessario alla cancellazione ed alla scrittura. Il registro è costituito da un normale circuito bistabile con una uscita a trasferitore catodico. L'ingresso è invece costituito da un AND a due rami su uno dei quali è presente l'informazione da registrare.

La scrittura avviene nel seguente modo: un primo impulso porta il flip-flop in una posizione determinata corrispondente all'uscita - 10V che è stata scelta per indicare la rappresentazione dello zero. Dopo 0,8 mms un secondo impulso arriva su un ramo dell'AND di entrata. Se l'altro ramo di cui si è detto sopra porta il livello + 10V (che rappresenta un 1) l'impulso passa e fa commutare il flip-flop; se invece porta il livello - 10V l'impulso non passa e l'uscita del registro conserva il potenziale - 10V.

La memoria temporanea è costituita da una linea di ritardo di 1 mms che impedisce che avvengano variazioni nella tensione di entrata nell'intervallo di tempo tra i due impulsi (Dis. R/Ed/1).

Anche i registri sono montati su chassis standard. I dettagli del montaggio sono dati nel disegno K-R/Mo/1.

I distributori dei registri sono circuiti aventi lo scopo di generare i due impulsi di comando quando ricevono un comando impulsivo del controllo. Sono costituiti da due oscillatori bloccati capaci di generare impulsi della durata di 0,2 mms di ampiezza 50 V su un carico di 250 Ohm. (Dis. DR/Ed/1).

6. Memoria:

a) Circuito delle linee di ritardo. (disegno RM/Ed/1)

Il circuito delle linee di ritardo ha la funzione di distribuire ai vari circuiti della memoria impulsi le

cui posizioni relative nel tempo sono determinate dalle esigenze di questi.

A tale circuito giungono da SC due impulsi: il primo di lettura della memoria ed il secondo di scrittura. Essi vengono rigenerati mediante oscillatore bloccato e inviati su due differenti linee di ritardo, la prima (lettura) di 2 mms e la seconda (scrittura) di 3 mms.

Da queste due linee di ritardo vengono estratti i seguenti impulsi:

Linea di ritardo di lettura

tempo	specificazione
0	azzeramento del registro di lettura della memoria.
0	inizio dell'impulso di lettura
1 mms	impulso di "strobe"
2 mms	fine dell'impulso di lettura

Linea di ritardo di scrittura.

tempo	specificazione
0	inizio dell'impulso di inibizione
0,5 mms	inizio dell'impulso di scrittura
2,5 mms	fine dell'impulso di scrittura
3 mms	fine dell'impulso di inibizione

I fronti di salita dopo il ritardo di 3 mms sono inferiori a 0,2 mms mentre all'entrata il rigeneratore degli impulsi dà impulsi (100 V di ampiezza) con fronti di

salita di 0,08 mms e con durata massima di 0,4 mms.

Le diverse uscite sono realizzate mediante trasferitori catodici a polarizzazione automatica.

b) Circuito di prepilotaggio (disegno CM1/Ed/1).

Genera gli impulsi di lettura e di scrittura (le cui durate vengono determinate dagli impulsi prelevati dalle linee di ritardo) e li invia su bassa impedenza, ai due circuiti del comando di lettura e scrittura (rispettivamente delle x e delle y).

Mediante il collegamento C giunge a questo circuito dalle linee di ritardo il comando di inizio lettura e su B il comando di fine lettura; su G il comando di inizio scrittura e su F quello di fine scrittura; tutti gli impulsi hanno senso positivo.

Riferiamoci ora alla linea di lettura (le stesse cose si potrebbero ripetere identicamente per la linea di scrittura). I collegamenti C e B operano sui due tubi 6197 che azionano l'elemento monostabile generatore dell'impulso di comando. Il periodo proprio dell'elemento monostabile è circa 10 volte superiore alla durata tra i due impulsi provenienti dalla linea di ritardo cosicché l'impulso di uscita ha una durata pari al tempo intercorrente fra i due impulsi di comando. Il segnale generato viene riferito ad una opportuna componente continua, trasferito all'uscita su bassa impedenza e quindi inviato ai due circuiti di comando.

c) Circuito di comando lettura-scrittura (Dis. CM2/Ed/1).

Questo circuito effettua la lettura e la scrittura della memoria (quest'ultima operazione avviene in concomitanza con l'inibizione). Queste operazioni vengono effettuate mediante l'invio di correnti di opportuna ampiezza (vedi

Nota nº 7 del C.C.C.T.). La durata di questi impulsi di corrente deve essere tale da permettere al nucleo magnetico di memoria di completare la sua transizione ed è stata pertanto fissata in 2 mms e si è riusciti ad ottenere un fronte di salita dell'ordine di 0,3 mms con un "tilt" del 5 %.

Riferiamoci ora allo schema elettrico sopra citato. Gli impulsi in entrata comandano un sistema di tubi che azionano, con comando catodico, i tubi finali di potenza. L'effetto di controreazione di corrente dà una grande stabilità nel tempo alle correnti di comando ed assicura una grande sicurezza nel funzionamento.

Si ha inoltre una buona indipendenza delle tensioni di alimenta ione anodiche e delle tensioni di accensione dei tubi.

Fra tutti i tubi di potenza comandati solo quelli che sono stati selezionati in griglia attraverso DI, sono in grado di funzionare; tutti gli altri rimangono interdetti.

Dai tubi finali si passa ai fili di comando dei piani di memoria mediante opportuni trasformatori per impulsi che adattano i valori di corrente dei tubi stessi al valore delle correnti necessarie al secondario.

Lo schema elettrico si presenta particolarmente studiato contro eventualità di inneschi spurii, facili ad insorgere in complessi ove un siffatto numero di tubi di potenza (140) vengono simultaneamente comandati.

d) <u>Circuito di inibizione</u> (disegno II/Ed/1)

Il circuito di inibizione invia ai piani di memoria impulsi in concomitanza con gli impulsi di scrittura. L'invio di questi impulsi è condizionato al fatto che il nucleo

in questione non debba cambiare stato con l'impulso di scrittura (ed allora l'impulso di inibizione è presente), oppure no. All'entrata il circuito presenta il (vedi: pre pilotaggio del circuito lettura-scrittura) generatore di impulsi già descritto che mette in azione, mediante oppor tuno disaccoppiatore, un opportuno numero di trasferitori catodici. All'impulso di inibizione che si presenta sul catodo dei trasferitori è consentito il passaggio alla griglia dei tubi finali solo se vi è un " 1 " all'uscita del relativo elemento di KM. Solo allora il tubo finale viene messo in azione e genera l'impulso di corrente di inibizione.

Essendo questi impulsi unidirezionali e con pieno-vuoto (caso peggiore) di 1:5, si è provveduto ad una oppor tuna reintegrazione della componente continua sul secondario del trasformatore per impulsi; trasformatore che adatta la corrente del tubo a quella necessaria per l'inibizio ne stessa.

La selezione dei tubi finali di comando lettura-scrittura viene effettuata mediante livelli opportuni di tensione che sono presenti all'entrata di selezione della memoria. Tali uscite provengono da DM, per la cui descrizio ne si rinvia alla voce DC-DM.

e) Circuito di lettura (Dis. LM/Ed/1).

Questo circuito riceve dal filo di lettura di un pia no della memoria il segnale di transizione di un nucleo, am plificandolo, e, tranite un tubo bigriglia, lo discrimina dal disturbo. Ne nasce un nuovo impulso che viene inviato al registro di lettura.

Il segnale di transizione ha un'ampiezza di 100 mV. e una durata di 2 mms; il disturbo, un'ampiezza massima di 12 mV e una durata di 1 mms. Un opportuno trasformatore per

impulsi in salita ed un raddrizzatore a doppia onda presentano il segnale all'amplificatore. La resistenza diretta dei diodi, molto variabile per le tensioni in gioco, attenua fortemente il disturbo lasciando passare quasi inalterato il segnale. L'amplificatore è stato studiato in modo da ottenere una buona riproducibilità dell'impulso evitando le compensazioni che potessero produrre inneschi; produce all'uscita 20 Volt di segnale. La valvola bigriglia è polarizzata in modo da rimanere interdetta all'arrivo del disturbo e da produrre un impulso negativo sull'anodo, alla coincidenza dell'impulso di lettura (griglia 1) con quello di "Strobe" (griglia 2). Per maggiore sicurezza nella discriminazione del disturbo, la coincidenza si verifica dopo 1 mms che l'impulso di transizione è presente sulla griglia. Ambedue gli impulsi in arrivo sono ancorati di cresta a livello 0. L'elemento di registro, ogni volta che la memoria è impegnata, viene "azzerato" (uscita del trasferitore catodico a + 10V) con un impulso che precede di circa 1 mms quello dell'eventuale transizione del nucleo. Quando avviene la transizione (posizione 0 del nucleo), l'impulso porta a - 10V l'uscita in continua; quando manca (posizione 1 del nucleo), l'uscita resta a +10V.

L'elemento di registro è un circuito bistabile di tipo standard che esce su bassa impedenza alle tensioni + 10V e - 10V. Tuttavia il comando si effettua in negativo sulla placca della seconda sezione, tramite l'impulso proveniente dalla valvola bigriglia. Si effettua in positivo sulla griglia della prima sezione tramite l'impulso di azzeramento.

f) <u>Circuito di "Strobe" e azzeramento.</u> (Dis. SAM/Ed/1)

Il generatore dell'impulso di azzeramento è costi

tuito da un oscillatore bloccato che genera un impulso di 30 V che entra in parallelo sui 18 elementi del registro di lettura.

Il circuito di "Strobe" serve a creare un impulso di breve durata e a fronte ripido. Un oscillatore bloccato presenta al terziario un impulso di 75 V, durata 0,4 mms, fronte di salita 0,1 mms. Detto impulso opportunamente, tagliato alla base viene smistato attraverso la serie di due trasferitori catodici sulla griglia delle 18 E 91 H del circuito di lettura. Ne risulta un impulso di 20 V, durata 0,2 mms, fronte di salita 0,07 mms.

7. Condizionatore del numeratore.

Questo organo è un semiaddizionatore con un commutatore a due posizioni incorporato. Per quanto riguarda i circuiti, essi sono del tutto simili agli altri, trattandosi ancora di reti logiche (Dis. CN/Ed/1).

Anche quest'organo è montato su chassis standard in numero di 10 (I particolari del montaggio sono indicati nel dis. CN/Mo/1). Associato ad esso è il preselettore del numeratore e il relativo distributore (Dis. PN/Ed/1, DK/Ed/1).

8. Selettore dei comandi.

In questo organo singolo, che sarà montato sul rack del controllo nel pannello del temporizzatore, sono realizzati alcuni circuiti logici funzionanti ad impulsi aventi lo scopo di distribuire comandi ai vari organi della macchina. I generatori di impulsi sono stati realizzati mediante oscillatori bloccati. (Dis. SC/Ed/1).

9. Decodificatore

Nella macchina esistono due di questi organi. Quello della Memoria ha 10 entrate e 64 uscite, quello del Controllo 6 entrate e 33 uscite. Dal punto di vista elettronico e meccanico però i circuiti coincidono in quanto quello della Memoria è costituito da due decodificatori a 5 entrate e 32 uscite montati separatamente, mentre quello del Controllo è pure a 5 entrate e 32 uscite con una via in più che passa direttamente dall'entrata all'uscita. (Dis. DC-DM/Ed/1 e DC-DM/Mc/1, DC-DM/Mc/2).

Lo schema elettrico segue i criteri già esposti per la realizzazione delle reti logiche mentre il montaggio è stato questa volta eseguito su una piastra portante tubi e diodi sul davanti, componenti e connessioni sul retro.

10. Temporizzatore.

Il Temporizzatore, il cui funzionamento logico è completamente descritto nella parte II^ si può, dal punto di vista dei circuiti, suddividere in due parti: una rete logica e un circuito di circolazione degli impulsi.

La rete logica presenta alcuni elementi funzionanti a livelli ed altri a carattere misto. Questi ultimi sono stati calcolati in modo che potessero passare impulsi con fronti di 0,2 mms mentre i primi passano fronti di 0,5 mms come tutte le altre reti nel resto della macchina.

Il circuito di circolazione degli impulsi è realizzato - per quanto riguarda i ritardi che possono essere variati di circa un fattore 2 - con univibratori disaccoppiati da trasferitori catodici connessi alle uscite

. I ritardi sono rispettivamente 6,3,3 mms.

A valle dell'OR di ingresso e dopo il terzo univibratore gli impulsi sono rigenerati mediante due "peaker„

che generano 30V con 0,1 mms di fronte di salita.

Inoltre come elementi ausiliari esistono in questo organo un flip-flop di tipo standard, due univibratori che introducono un ritardo di 3 mms e due "peaker" formatori di impulsi. (Dis. T/Ed/1).

Il montaggio meccanico è realizzato su un unico pannello posto in alto nel rack del controllo. Esso contiene oltre al Temporizzatore il Selettore di Fase, il Selettore dei Comandi ed il Circuito di Avviamento che sono tra loro strettamente collegati. (Dis. T/Mc/1).

11. Registro di uscita.

Questo registro si differenzia dagli altri non tanto per il registro vero e proprio, quanto per i circuiti associati di controllo che servono ad adattare l'uscita in parallelo della macchina con i circuiti della Telescrivente che accetta segnali in serie su un'unica linea.

Ogni carattere della Telescrivente è identificato da una successione di 5 impulsi preceduta da un impulso di partenza e seguita da uno di arresto. Il registro associato è perciò a 7 bit. Nel primo e nell'ultimo viene ad ogni comando di scrittura registrato un 1, mentre nei 5 centrali si scrive il carattere uscente. La serializzazione avviene effettuando 7 traslazioni. Il funzionamento è il seguente : all'arrivo dell'impulso dal Controllo relativo al comando di scrittura di un carattere, il registro connesso con il resto della macchina scrive il carattere uscente e un 1 nel primo e nell'ultimo elemento.

Il secondo impulso del distributore del registro, ritardato di 0,4 mms, viene inviato ad un flip-flop che, tramite i distributori del commutatore del registro, predispone per la traslazione.

L'impulso precedente ritardato ulteriormente di 0,6 mms predispone un secondo flip-flop che, tramite un trasferitore catodico, apre un AND. Attraverso questo AND da quel momento passano degli impulsi a frequenza di rete che vanno ad un circuito di conteggio e a un oscillatore bloccato i cui impulsi entrano nel distributore del registro provocando traslazioni successive di una posizione.

Il settimo di tali impulsi rimette a zero il contatore. Il segnale di rimessa a zero del contatore fa scattare il flip-flop collegato all' AND chiudendolo. Dopo un ritardo di 1,4 mms necessario a far compiere l'ultima traslazione al registro, lo stesso impulso fa scattare anche il primo flip-flop rimettendo il commutatore di ingresso al registro nella posizione di partenza. A questo istante si ha sulla uscita RU il segnale di "pronto".

Lo schema a blocchi, su cui può essere seguita la presente descrizione, è indicato nel disegno RU/B/1; quello elettrico nel disegno RU/Ed/1.

Per lo schema meccanico valgono le considerazioni fatte per l'Adattatore di Entrata.

12. Adattatore di Entrata.

L'Adattatore di Entrata ha lo scopo di trasformare i livelli di uscita dal Lettore Fotoelettrico Ferranti MK Tr2 in quelli usati in questa macchina.

Tuttavia, poiché ancora ci mancano le specificazioni del lettore fotoelettrico Ferranti, non ci è ancora possibile dare lo schema di detto circuito. Per il montaggio meccanico non ci è possibile dare nemmeno il piano di montaggio del circuito di comando del Registro di Usci

ta in quanto sia il precedente circuito, sia quest'ultimo saranno montati insieme ai relativi alimentatori, su un telaio separato.

13. Quadro di comando:

Il pannello di comando è realizzato meccanicamente come nel disegno QC/Mc/1, e contiene i seguenti organi:

a) il Pulsante di Avviamento che è un commutatore con una posizione preferenziale e fa parte del circuito di avviamento. Questo è contenuto nel pannello del Temporizzatore ed è realizzato con un thyratron onde avere un netto ed unico impulso di avviamento.

b) i Commutatori manuali Esterni che sono costituiti da due chiavi telefoniche (commutatori ad 1 via e due posizioni) e da un commutatore rotante a 2 vie e 3 posizioni. Lo schema dei collegamenti è nel disegno IV-KmE/Ed/1.

c) la Tastiera delle istruzioni, realizzata con 15 chiavi telefoniche che commutano fra + 10V e - 14V.

d) la Tastiera della Memoria, identica alla precedente, solo comportante 18 chiavi.

e) l'Indicatore Visivo, costituito da 18 triodi a catodo freddo 150T comandati dall'uscita della Memoria. Essi indicano 1 se accesi, 0 se spenti.
Su questo parallelo si trova anche l'indicatore di marcia formato da un triodo a catodo freddo 150T collegato al flip-flop indicatore di marcia contenuto nel Temporizzatore.

14. Servizi Ausiliari:

Gli alimentatori verranno costruiti secondo le

nostre specificazioni da ditte specializzate. Poiché si è ritenuto conveniente esaminare i due casi distinti di un unico alimentatore per ogni tensione capace di erogare tutta la corrente necessaria oppure di più elementi che ripartissero le correnti, sono state richieste offerte separate.

La stabilizzazione necessaria è, salvo casi speciali, del 2 % per variazioni del ± 10 % della tensione di rete e per variazioni del carico del 50 % rispetto a quello massimo. Si è pure chiesta offerta separata per tempi di intervento di 10^{-3} s e di 10^{-4} s allo scopo di avere elementi per la progettazione più economica dei filtri da associare ad ogni organo.

Il residuo di alternata è previsto in 30 mV e le uscite debbono essere isolate entrambe da massa.

Per quanto riguarda le tensioni e correnti le specificazioni sono:

a) Tensione 50 V Corrente 22 A	oppure	Tensione 50 V Corrente 11 A
b) Tensione 150 V Corrente 12 A	oppure	Tensione 150 V Corrente 6 A

Per quanto riguarda gli alimentatori per + 10V e - 14V, si è deciso di usare batterie Ni-Fe che sono il mezzo più economico a queste tensioni. Fanno eccezione due alimentatori (+190V - 1A) per la Memoria che verranno costruiti direttamente dal Centro.

I filamenti sono alimentati da trasformatori posti sul basamento dei rack con molte uscite a bassa tensione, onde evitare fili di connessione molto rigidi e consentire l'ancoraggio a potenziali diversi dei filamenti dei tubi secondo le esigenze dei circuiti.

I primari di tali trasformatori sono collegati ad uno stabilizzatore della tensione di rete allo scopo di ottenere una tensione di accensione dei tubi compresa entro il ± 5%, secondo quanto prescrive la Philips per i tubi professionali. Inoltre lo stabilizzatore sarà dotato di un dispositivo per portare gradualmente la tensione di accensione dei tubi al suo valore normale.

^^^^^^^^^^^^^^^^

PARTE IVº

Criteri generali e descrizione dei montaggi meccanici.

1. Il montaggio complessivo è stato studiato tenendo presente le esigenze di manutenzione e il fatto che la macchina usa numerosi circuiti identici a causa dell'organizzazione in parallelo. Ne è risultato per i Commutatori, i Registri, il Combinatore e l'Addizionatore un montaggio su chassis standard ciascuno portante un elemento dell'organo in questione. Tale chassis standard, che può portare quattro tubi, è stato studiato in modo da consentire la massima rigidezza meccanica, piccole capacità parassite e facile sostituibilità.

Infine sono state tenute presenti le esigenze del raffreddamento, per cui questi chassis permettono un'ottima circolazione di aria. Le connessioni elettriche sono effettuate mediante connettori lamellari a innesto (Vedi disegno CS/Mc/1 e CS/Mc/2).

Il montaggio degli organo sopra elencati è realizzato mediante fasce verticali (Disegno FS/Mc/1) che possono portare ciascuna due colonne di 18 chassis standard fissate su telai capaci di contenere 5 o 6 di tali fasce. Tali telai sono sostenuti da una struttura di angolare a cui sono fissati mediante cerniere che permettono l'accessibilità alla parte posteriore dove corrono i fili di connessione. Questo tipo di montaggio è stato studiato allo scopo di contenere entro limiti ragionevoli la lunghezza dei fili di connessione portanti segnale e di rendere minime possibili le capacità di tali fili rispetto a massa. Infatti in questo modo la distanza fra un filo e l'altro è di circa 130 mm, mentre la lunghezza totale della macchina non supera i 3 m. Questi pannelli sono alti circa 2,5 m da terra in quanto come sopra detto il guadagno ef-

fettuato nella lunghezza è stato ottenuto a spese dell'altezza senza tuttavia essere di troppo pregiudizio per l'accessibilità degli chassis posti in alto. Una struttura così alta adottata anche in diverse altre macchine, non crea difficoltà per quanto riguarda la circolazione dell'aria di raffreddamento tenendo conto che tale circolazione per la disposizione dei componenti, è perfettamente libera nella direzione verticale.

Il montaggio della memoria è effettuato su 4 telai del tipo sopra detto.

Tuttavia i singoli circuiti non sono montati su chassis standard, in quanto l'uso di tali unità avrebbe, in questo caso, condotto ad una complicazione meccanica notevole. Si è pertanto adottata la soluzione di dividere il complesso in pannelli ciascuno con una ben definita funzione, facilitando in tal modo una disposizione razionale delle singole parti.

Tutto il montaggio è studiato in modo che possa essere facilmente duplicato al momento del montaggio della macchina completa. Infatti ogni struttura di angolare può portare due telai. Su uno di questi sono fissati tutti gli elementi relativi ai primi 18 bit della macchina, sull'altro saranno fissati i secondi 18.

I rack sono in numero di 4: uno contenente tutta l'Unità aritmetica, un secondo contenente il Controllo delle istruzioni, costruito con chassis standard e su una piastra unica il Controllo Dinamico Centrale e infine un terzo contenente la Memoria.

L'Unità aritmetica, sistemata come si è detto in un unico telaio, è disposta nel modo indicato nel disegno UA/V/1.

Il primo organo è il Combinatore seguito dall'Addi-

zionatore e dal Commutatore KA. La fascia centrale è occupata dagli chassis dei distributori del Combinatore, dei Commutatori e dei Registri. Seguono il Registro A, il Commutatore KB, il Registro B e il Commutatore di uscita KU.

Il Controllo (Dis. C/V/1) invece non è tutto costruito con chassis standard e gli organi montati in questo modo non sono a 18 elementi. In questo telaio perciò sono fissate solo due fasce che portano il Commutatore KI, il Condizionatore del Numeratore, il Registro R, il Numeratore e i relativi distributori. Il resto è occupato da pannelli della larghezza di 4 fasce disposto nel seguente modo: in alto il Temporizzatore e il Selettore dei Comandi, poi il Decodificatore del Controllo e infine il Selettore dei segnali.

La Memoria si presenta sistemata sù quattro telai montati su di un'unica incastellatura fissa. Uno di questi telai porta il complesso dei piani di memoria, il pannello delle linee di ritardo, il pannello di prepilotaggio, e i due pannelli di comando lettura-scrittura. Sul retro, distanziato di 55 cm, vi è un telaio che porta i due Decodificatori della Memoria. A fianco del primo telaio ve ne è un altro di minor larghezza sul quale è montato il pannello del circuito di "Strobe", il pannello dell'amplificatore di lettura, il pannello della inibizione, il distributore ed i commutatori per la memoria. Sul retro vi è un telaio analogo che per il momento non sarà usato, ma che permette la duplicazione di questi ultimi organi per la macchina completa.

****

PARTE V

Conclusione

Nei punti che seguono sono esposti alcuni dati riassuntivi e alcune considerazioni generali sul progetto.

1. Nella tabella 1 è indicato il numero dei tubi e dei diodi per tipo e per organo, con i totali parziali dei tubi professionali e non professionali e i totali generali. Come si vede la grande maggioranza (913 su 1112) sono professionali, secondo il criterio a suo tempo enunciato; di questi 827 sono del tipo E 88 CC, mentre fra i non professionali la grande maggioranza (146 su 199) sono costituiti dalle EL 84 impiegate nei circuiti finali della Memoria. Questo organo è quello che utilizza la maggiore varietà di tubi, a causa della sua particolare struttura; nel resto della macchina tubi diversi dalla E 88 CC o svolgono funzioni speciali negli organi di comunicazione con l'esterno (IV, PA, RU), oppure sono impiegati nei distributori (E 80 L, 6080).

Per quanto riguarda i diodi, a parte i 18 del tipo TJ 10, con funzioni speciali, si è utilizzato esclusivamente il tipo O A 85, oppure lo O A 95, di più recente produzione, intercambiabile col primo. I 126 diodi di SS sono invece del tipo O A 85 C, che differisce dai precedenti per essere dotato di terminali rigidi, che ne consentono il montaggio senza saldatura.

2. Come risulta dai disegni allegati alla Parte IV il complesso della macchina, esclusi gli alimentatori, gli apparati di Entrata e Uscita e il Quadro di comando manuale, ha una larghezza di 3 m, un'altezza di

Tabella 1

Organo	E88CC	E80L	E91H	E180F	6197	E81L	5964	E90CC	E1T
A	39								
Ad	108								
B	39								
Cb	69	6							
CN	36	2							
DC	57								
DM	106								
IV									
KA	41	3							
KB	41	3							
KI	23	2							
KM	41	3							
KU	39	2							
M	52	12	18	18	6	4	3		
N	23								
PA									
PN	4								
R	33								
RU	11	2						1	1
SC	10								
SF	2								
SS	38								
T	15								
Tot.	827	35	18	18	6	4	3	1	1

Tot.Pf.	EL84	6080	Z50T	2D21	Tot.Cm.	Tot.Gen.	OA85	TJ10
39						39	78	
108						108	486	
39						39	78	
75		9			9	84	276	
38		1			1	39	158	
57						57	192	
106						106	360	
			19		19	19		
44		5			5	49	108	
44		5			5	49	108	
25		2			2	27	50	
44		5			5	49	108	
41		3			3	44	90	
113	146				146	259	186	18
23						23	46	
				1	1	1		
4						4	12	
33						33	66	
15		1		2	3	18	12	
10						10	14	
2						2	5	
38						38	126	
26						26	35	
913	146	31	19	3	199	1112	2594	18

2,5 m, una profondità di 0,55 m.

Il consumo totale, compresa la potenza necessaria per l'accensione dei filamenti e quella perduta negli alimentatori è valutato in ca. 8 KW.

3. Ricordiamo che la velocità della macchina è inversamente proporzionale alla durata delle microistruzioni (unità elementare). Come risulta dalla descrizione dello schema elettrico del Temporizzatore, l'u.e. dovrebbe essere compresa fra 12 e 24 mms. Il limite inferiore è stato desunto dalla valutazione dei ritardi e dei tempi di salita dei segnali tenendo anche conto delle capacità dei collegamenti fra gli organi. Mentre è difficile che tale limite possa essere superato, il fattore 2 consentito dalle regolazioni di T garantisce contro eventuali errori per difetto nella valutazione. Il tempo di esecuzione di un'istruzione, pari a due u.e., risulta perciò compreso fra 24 e 48 mms, che rappresenta una velocità notevole e senz'altro confrontabile con quella delle più veloci macchine in funzione.

4. La maggior parte dei circuiti descritti sono stati provati nei loro elementi essenziali. Rimane in parte da definire il complesso di adattamento degli apparati di entrata e uscita al resto della macchina: ciò sarà fatto appena si avranno a disposizione la Telescrivente Olivetti T2-CN e il Lettore Fotoelettrico Ferranti Mk2-Tr2.

All'elaborazione del presente progetto ha attivamente collaborato, in qualità di borsista presso il CSCE,

l'ing. G.B. Gerace che ha curato in particolare la definizione sia elettrica che meccanica dei circuiti di lettura, "strobe", e azzeramento della Memoria.

Nell'ultima fase dei lavori si è volontariamente associato al nostro gruppo l'ing. V. Sabbadini, cui è stata in particolare affidata la definizione di dettaglio del Quadro di comando manuale.

Nello studio dei montaggi meccanici ha portato un valido contributo il sig. M. Baldeschi nella sua qualifica di disegnatore.