

**Informazioni generali  
sul Centro di Studi  
sulle Calcolatrici Elettroniche  
(C. S. C. E.)**

UNIVERSITÀ DI PISA

## INFORMAZIONI GENERALI SUL CENTRO DI STUDI SULLE CALCOLATRICI ELETTRONICHE (C.S.C.E.)

### 1 INTRODUZIONE

Nella primavera del 1955, presso l'Università di Pisa, fu istituito un Centro di Studi sulle Calcolatrici Elettroniche (C.S.C.E.), con il duplice scopo di costruire un calcolatore elettronico a cifre di tipo universale, e di sviluppare la ricerca nel campo del calcolo automatico. Ciò fu possibile grazie ad un primo aiuto generosamente elargito dalle Provincie e dai Comuni di Pisa, Livorno e Lucca. Ulteriori aiuti, sotto forma di elargizioni e, in qualche caso, anche di distacco di personale specializzato al Centro furono offerti successivamente dalla S.p.A. Olivetti di Ivrea, dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (I.N.F.N.), dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.) e dal Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari (C.N.R.N.).

Il Centro è sotto il controllo di un Comitato Direttivo, composto di tre Professori Universitari, rispettivamente di Fisica, di Matematica e di Ingegneria. Esso è articolato in due Sezioni: una Sezione Logico-Matematica, composta di fisici e da matematici specializzati in progettazione logica e programmazione di calcolatrici elettroniche, ed in analisi numerica, una Sezione di Ingegneria Elettronica, composta da fisici, ingegneri e tecnici dediti essenzialmente alla progettazione elettronica ed alla costruzione di calcolatrici elettroniche.

Trentasei persone lavorano attualmente presso il Centro, ripartite nel modo indicato dalla seguente tabella:

PERSONALE	SEZIONE		TOTALE
	L. M. (a)	I. E. (b)	
Fisici	3	2	5
Matematici	7	0	7
Ingegneri	0	5	5
Tecnici Specializzati	0	5	5
Altri tecnici, personale amministrativo, ecc.	2	12	14
TOTALE	12	24	36

(a) L. M. = Logico-Matematica, (b) I. E. = Ingegneria Elettronica

La trascorsa attività del Centro è stata in parte illustrata in alcuni notiziari ed in

varie pubblicazioni (x). Essa ha comportato varie ricerche e corsi di lezioni nel campo del calcolo elettronico, nonché la realizzazione di un primo modello sperimentale di calcolatore, che è stato chiamato «macchina ridotta». Di questa macchina, completata verso la fine del 1957, riferiremo brevemente nel prossimo paragrafo.

Una calcolatrice di grandi prestazioni, indicata con la sigla «C.E.P.» (Calcolatrice Elettronica Pisana) è stata già progettata in dettaglio, ed è attualmente in fase di costruzione. Essa dovrebbe essere pronta per l'uso entro la prima metà del 1960. Le caratteristiche di questa macchina, illustrate nei paragrafi 2 e 3, rendono la C.E.P. adatta ad una grande varietà di calcoli complessi, quali si possono incontrare nei più disperati campi della ricerca scientifica.

Per la effettiva programmazione di problemi specifici si intende adottare una organizzazione di tipo «open shop», cioè una organizzazione nella quale il personale addetto alla macchina offre solamente la propria assistenza agli utenti della macchina, i quali, di conseguenza, debbono occuparsi personalmente della programmazione dei loro problemi. L'organizzazione del Centro da questo punto di vista sarà precisata in dettaglio in un prossimo futuro, sulla base delle richieste delle istituzioni che hanno già manifestato un concreto interesse nell'uso della C.E.P. (Università di Pisa, I.N.F.N., C.N.R.N. e varie Industrie) tenendo naturalmente nel dovuto conto quanto si è fatto in Centri stranieri di analoga struttura.

L'organizzazione «open shop» richiede in pratica lo sviluppo di una tecnica di codificazione automatica. Alcuni sistemi sono già in via di sviluppo, come precisato nel paragrafo 4 di questo notiziario.

## 2. LA «MACCHINA RIDOTTA», ED IL DISEGNO ELETTRONICO DELLA «C.E.P.»

La «Macchina ridotta» (fig. 1, 2 e 3) fu concepita in origine come parte di una calcolatrice più grande e costruita essenzialmente allo scopo di controllare i criteri generali del progetto elettronico. Più tardi il disegno logico della calcolatrice definitiva fu revisionato ed ampliato, ma le linee costruttive fondamentali sono rimaste invariate.

L'uso di un sistema puramente binario e il modo parallelo di trasmissione dell'informazione sono stati scelti allo scopo di ottenere l'alta velocità di calcolo richiesta per la ricerca scientifica.

Al fine di semplificare il progetto del «controllo» della calcolatrice, rendendolo completamente asincrono, è stato scelto il criterio dell'accoppiamento in continua (uso di livelli di tensione invece che di impulsi).

Le reti logiche ed i registri sono stati realizzati utilizzando pochi tipi diversi di elementi «standard» ripetuti nel dovuto numero di copie. Ciascuna di queste può essere facilmente inserita o disinserita nel corpo della calcolatrice, rendendo così possibile la immedia-

(x) Vedi per es. «Nuovo Cimento», 12, 111, 1959; «Suppl. Nuovo Cimento», 1959 in corso di stampa, contenente i rendiconti del 44° Congresso della Società Italiana di Fisica tenuto a Palermo nel Novembre 1958.

ta sostituzione di un elemento in caso di guasto. In tal modo risultano considerevolmente semplificati sia il montaggio, sia la manutenzione della macchina. Dal punto di vista elettronico gli elementi «standard» prescelti sono caratterizzati da un'elevata impedenza di entrata e da una bassa impedenza di uscita.

In accordo con le linee generali del progetto originale di calcolatrice elaborato in forma provvisoria tre anni or sono, sono stati sistematicamente impiegati tubi elettronici a lunga vita media in tutti gli elementi attivi della macchina. Negli elementi logici passivi della calcolatrice sono stati invece utilizzati diodi al germanio.

La «memoria principale» è stata realizzata mediante nuclei magnetici comandati da trasformatori di impulsi.

Le caratteristiche principali della «macchina ridotta» sono:

- a) Lunghezza della parola : 18 bits
- b) Memoria a nuclei magnetici : 1.024 celle
- c) Velocità di operazione : 14 usec (incluso il tempo di accesso)
- d) Numero di istruzioni decodificate : 32 (solo operazioni semplici che non richiedono cicli interni)

Le limitate prestazioni della «macchina ridotta» hanno permesso di utilizzarla solo in relazione a problemi di calcolo numerico di modesta complessità. La costruzione di essa è stata peraltro oltremodo istruttiva e l'uso che se ne è fatto ha dato conferma della bontà dei criteri generali di progettazione adottati nel progetto elettronico, fornendo soddisfacenti indicazioni dell'alto coefficiente di sicurezza che si deve attendere nel funzionamento della costruenda «C.E.P.».

Le principali caratteristiche di quest'ultima sono:

- a) Lunghezza della parola : 36 bits
- b) Aritmetica : virgola fissa e virgola mobile
- c) Memoria a nuclei magnetici : 4.096 celle (suscettibile di estensione a 32.768 celle)
- d) Memoria ausiliaria : 16.384 parole su tamburo magnetico
- e) Velocità di operazione (approssimativo, incluso il tempo di accesso ma escluso il tempo per la modifica delle istruzioni) :
  - addizione in virgola fissa : 14  $\mu$ S
  - addizione in virgola mobile : 96  $\mu$ S (valor medio)
  - moltiplicazione (in virgola fissa e mobile) : 130  $\mu$ S
- f) Entrata : uno o più lettori fotoelettrici a nastro : 400 caratteri/ sec
- g) Uscita : uno o più perforatori a nastro : 32 caratt./ sec
  - una telescrivente : 7 caratt./ sec
  - uno stampatore in parallelo : 150 righe/min con 102 caratt./ riga.

E' stata anche prevista la possibilità di inserire un sistema di nastri magnetici ad alta velocità, fino ad un massimo di 8 unità. L'aggiunta dei nastri magnetici richiede peraltro un ulteriore finanziamento, i fondi attualmente a disposizione del Centro non permettendone per ora l'acquisto.

E' infine stata prevista la possibilità di ampliare i sistemi di entrata e di uscita, includendovi, se se ne ravviserà l'opportunità, sistemi più efficienti a nastro ed a schede perforate.

La fig.4 mostra una matrice di 4.096 nuclei magnetici facente parte della memoria veloce della C.E.P.. Nelle figg. 5 e 6 sono illustrati altri dettagli costruttivi di questa macchina.

### 3. LE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA C.E.P. DAL PUNTO DI VISTA LOGICO MATEMATICO.

Nel paragrafo 2 sono state indicate le caratteristiche fondamentali della C.E.P. che ne definiscono la classe. Il progetto logico presenta diverse particolarità di rilievo, che sono state introdotte allo scopo di agevolare la programmazione.

Queste riguardano essenzialmente il sistema di modifica automatica delle istruzioni e l'introduzione di uno speciale salto sul simbolo d'operazione che permette di eseguire particolari sottoprogrammi come se fossero istruzioni di macchina. Si ottiene così un codice esteso che comprende accanto alle istruzioni di macchina una gran numero di «pseudo-istruzioni» aventi la stessa struttura formale delle istruzioni.

Le istruzioni della C.E.P. occupano un'intera parola di 36 «bits» e sono del tipo ad un indirizzo modificabili fino a due volte. La soluzione adottata per la modifica automatica presenta un carattere particolare in quanto si usano per questo scopo ordinate celle di memoria (celle parametriche) in luogo di speciali registri.

Questo sistema ha l'inconveniente di richiedere un tempo supplementare per ogni modifica, ma presenta il grande vantaggio di fornire nel modo più economico un numero relativamente elevato di celle parametriche. Nella C.E.P. si hanno in totale 64 celle parametriche, tale numero essendo limitato solo dal numero dei «bits» a disposizione nell'istruzione per ogni indirizzo parametrico.

I 36 bits dell'istruzione sono così suddivisi: I primi 9 bits sono riservati al simbolo d'operazione. I due successivi gruppi di 6 bits indicano due celle parametriche, ciò che permette di eseguire le due modifiche dianzi accennate. In molte istruzioni di natura particolare la prima cella parametrica non viene usata per effettuare modifiche, ma svolge diverse importanti funzioni che variano da istruzione a istruzione. Gli ultimi 15 bits sono riservati all'indirizzo, consentendo di estendere la memoria principale fino a 32.768 celle e di indirizzare singolarmente le celle del tamburo magnetico, e i blocchi di informazione sui nastri magnetici. Con i 9 bits riservati al simbolo di operazione è possibile definire più di 200 pseudo-istruzioni oltre alle 120 istruzioni fondamentali della macchina.

Un'ulteriore particolarità di notevole interesse per ciò che riguarda la prova dei programmi ed il controllo dei calcoli è data dalla possibilità che al termine di un'istruzione, invece di procedere come normalmente all'istruzione successiva, si effettui un salto, di tipo condizionato, a speciali sottoprogrammi interpretativi per la segnalazione di eventuali condizioni anomale impreviste.

### 4. L'ORGANIZZAZIONE DELLA PROGRAMMAZIONE

La struttura logica della C.E.P. permette una grande flessibilità nella programmazione.

ne. La possibilità di modificare almeno una volta tutte le istruzioni e molte di esse fino a due volte, facilita la programmazione dei calcoli ciclici e iterativi, specie nei problemi in cui compaiono grandezze a più indici, assai frequenti nei calcoli scientifici (sistemi di equazioni lineari, sistemi di equazioni differenziali e alle derivate parziali, ecc.). Di importanza ancora maggiore appaiono le pseudo-istruzioni, che dal punto di vista della programmazione permettono di considerare come semplici operazioni di macchina operazioni complesse (ad esempio operazioni aritmetiche su numeri in precisione multipla, calcolo di funzioni elementari e trascendenti, operazioni di lettura e stampa con le relative conversioni binarie-decimali, ecc.). Queste due caratteristiche consentono di assimilare la programmazione diretta della macchina ai tipi più elementari di programmazione automatica. Per agevolare ulteriormente la programmazione diretta è in corso di studio un sistema di programmazione simbolico che permette di scrivere le istruzioni in un'opportuna forma simbolica, lasciando alla macchina il compito di convertire il programma simbolico nel proprio codice binario mediante un opportuno programma assembler.

La programmazione diretta richiede in ogni caso un notevole grado di specializzazione e di conoscenza della macchina. Per agevolare la programmazione da parte di ricercatori non specializzati e rendere comunque più spedita la programmazione ordinaria, si ricorre abitualmente a tecniche di programmazione automatica più avanzata. Queste consistono essenzialmente nello sviluppo : a) di un linguaggio di tipo algoritmico, quanto più possibile aderente alle comuni notazioni matematiche, utile per formulare prontamente i programmi; b) di un opportuno programma compilatore che permetta alla macchina stessa di tradurre nel proprio codice il programma formulato in linguaggio algoritmico.

Un linguaggio algoritmico del genere non fa in generale riferimento ad una macchina particolare, benchè possa dipendere da alcune caratteristiche generali (il tipo e la grandezza della memoria principale e di quelle ausiliarie, il tipo e le caratteristiche delle apparecchiature di entrata e di uscita, ecc.). Vi sono molti sistemi del genere già sviluppati o in via di sviluppo ed esiste oggi, sul piano internazionale, una tendenza ad orientarsi verso la formulazione di pochi sistemi universalmente accettati, particolarmente allo scopo di favorire l'intercomunicazione diretta e lo scambio di programmi fra utenti dotati di macchine diverse. Per questo motivo appare consigliabile scegliere come linguaggio algoritmico il linguaggio FORTRAN, particolarmente adatto per calcoli scientifici e già sviluppato per la 704 IBM (che è attualmente il calcolatore della stessa classe della C.E.P. più diffuso nel mondo). E' necessario, tuttavia, apportarvi alcune modifiche per adattarlo agli organi di entrata e di uscita della C.E.P., che sono a nastri perforati invece che a schede. Inoltre è conveniente introdurre alcune estensioni che permettano di trarre vantaggio dalle possibilità offerte dal sistema di pseudo-istruzioni e dalle altre particolarità di cui è dotata la C.E.P..

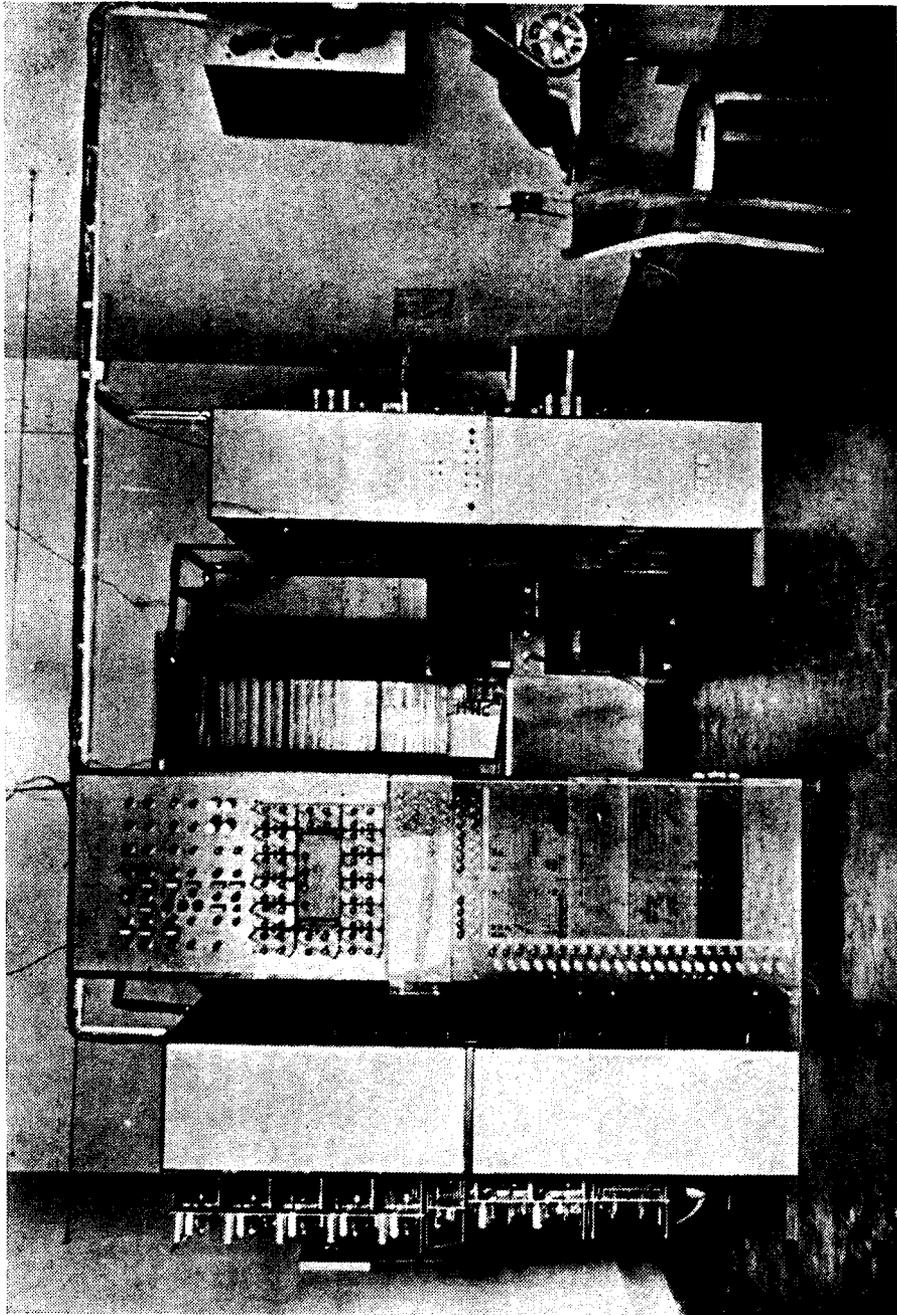


Fig. 1 - Vista generale dell'impianto della « Macchina Ridotta »

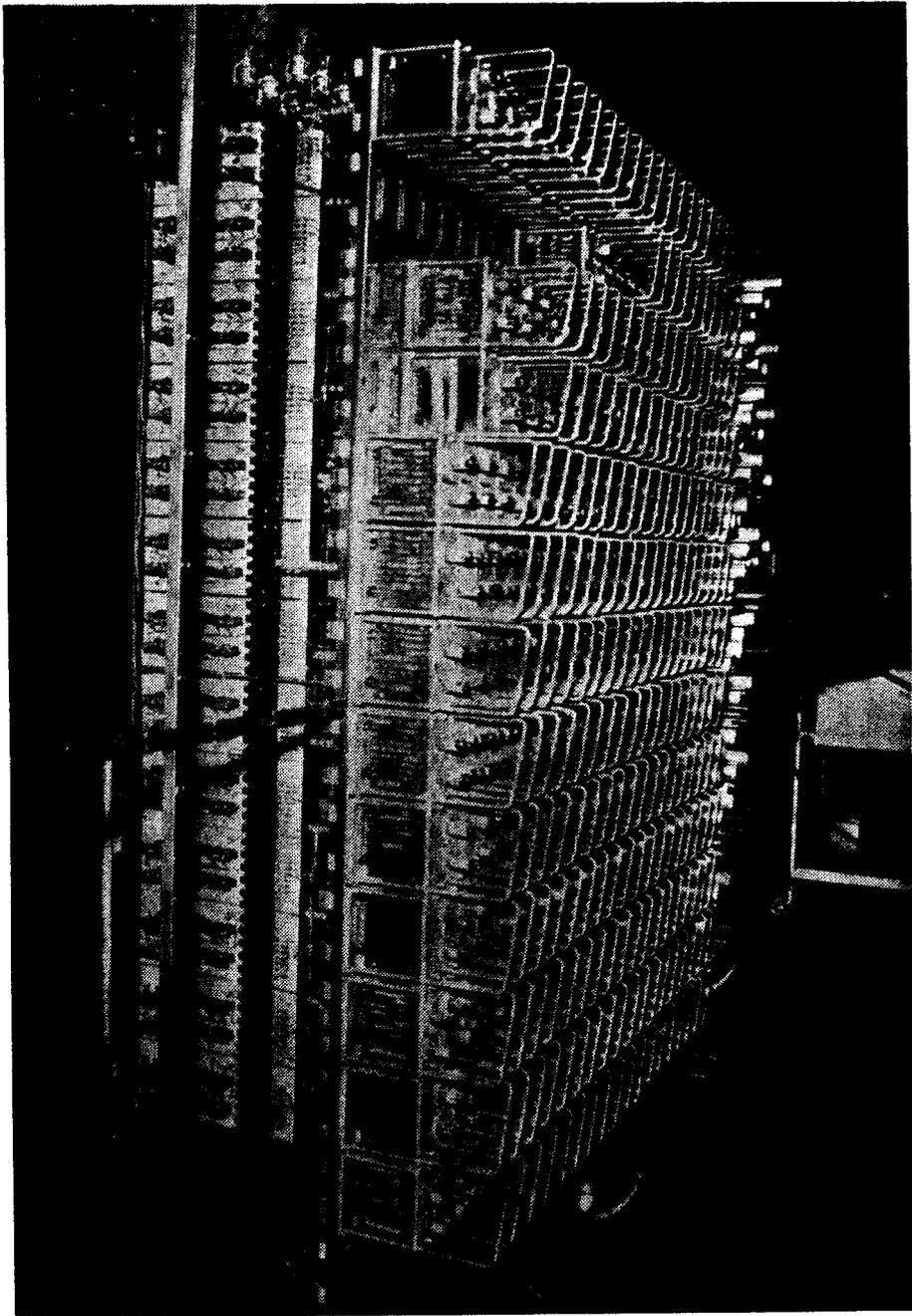


Fig. 2 - L'unità aritmetica della «Macchina Ridotta»

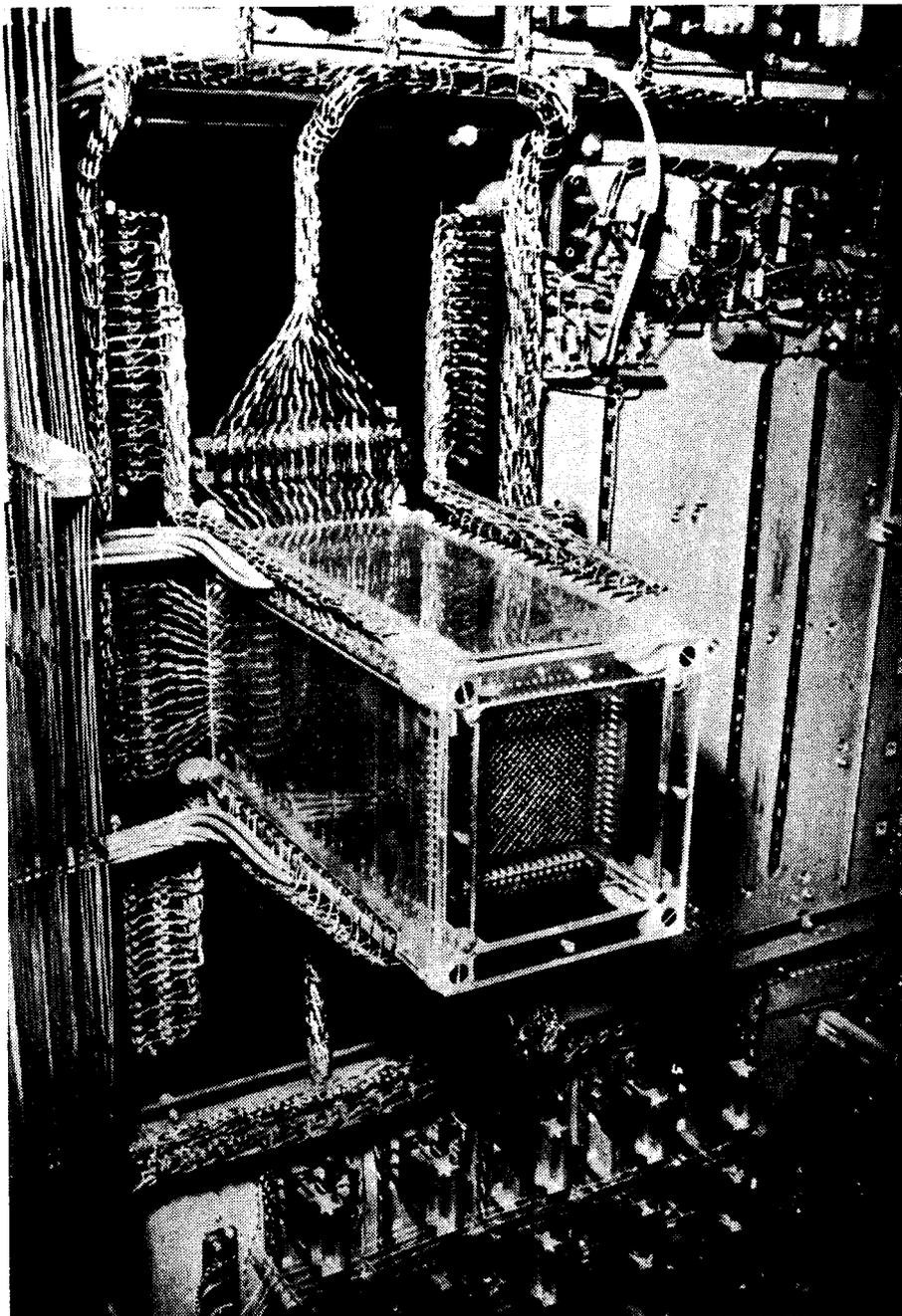


Fig. 3 - La memoria a nuclei magnetici della «Macchina Ridotta»

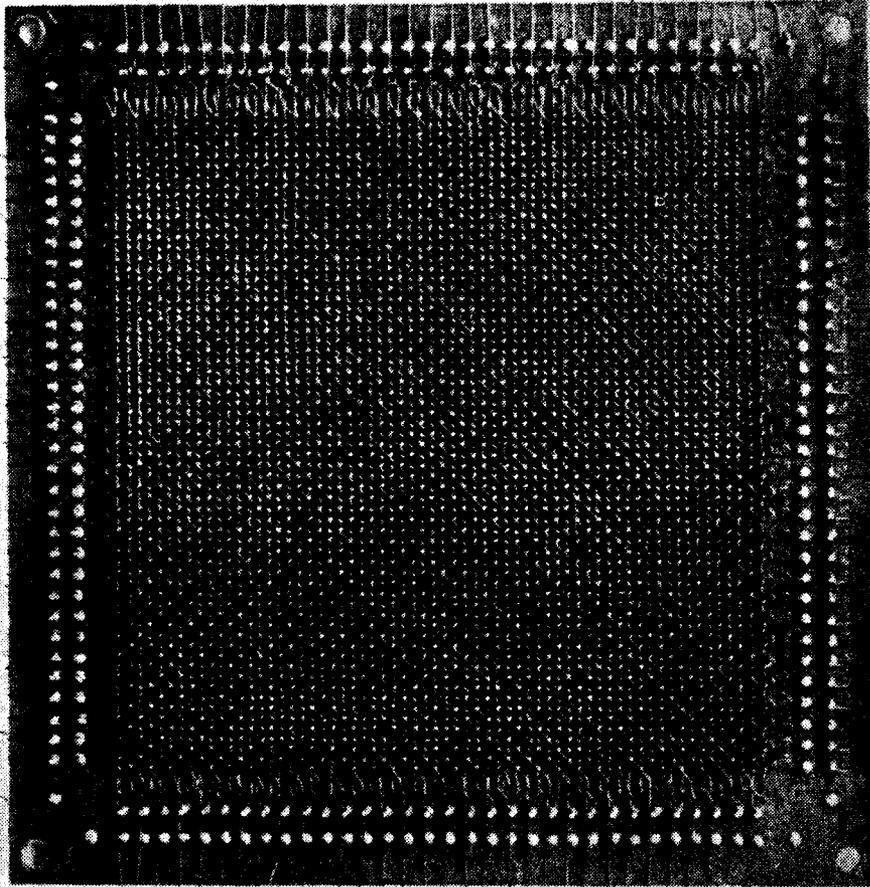


Fig. 4 - Una matrice a 4,096 nuclei magnetici usata nella memoria veloce della « C.E.P. »

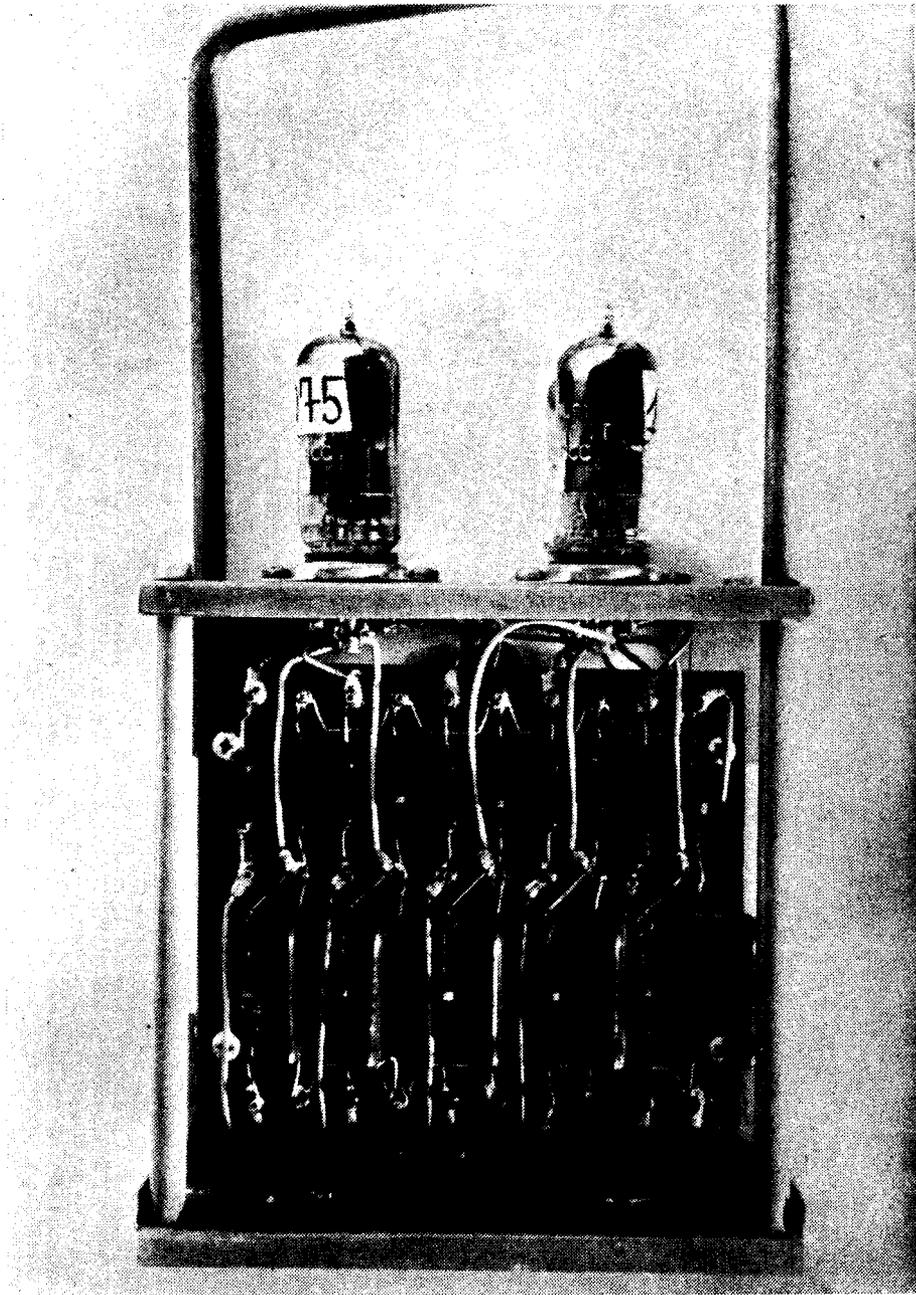


Fig. 5 - Châssis standard del commutatore

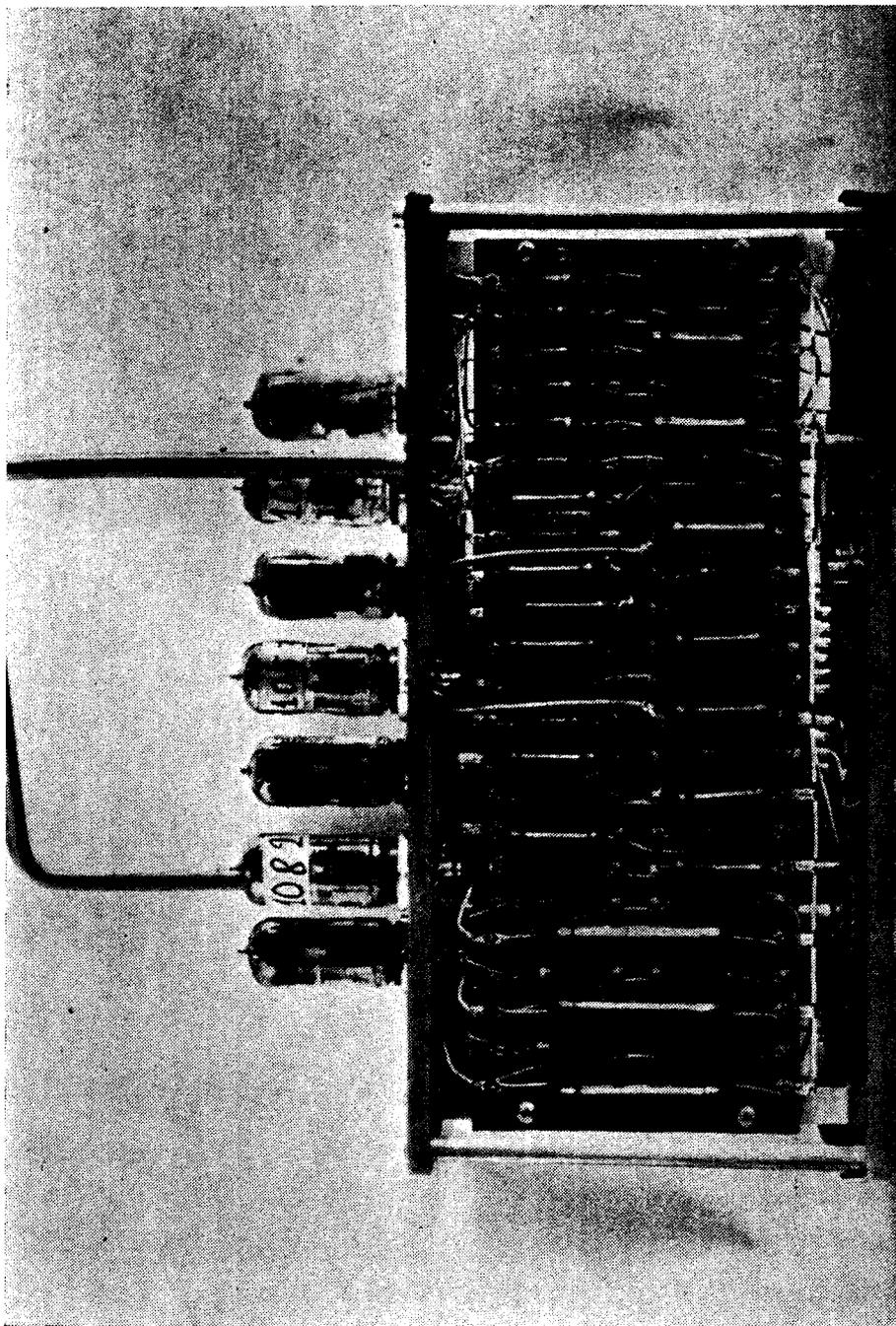


Fig. 6 - Chassis standard dell'addizionatore