

Corso di Laurea Magistrale in Informatica Umanistica

*Relazione Seminario di Cultura Digitale*

Approfondimento del seminario di Giovanni A. Cignoni "Storia dell'informatica, seriamente"

## **La Calcolatrice Elettronica Pisana e la Macchina Ridotta**

### **INDICE**

1. Introduzione
2. La Calcolatrice Elettronica Pisana
  1. Il progetto e i finanziamenti
  2. La Macchina Ridotta
  3. La nascita della CEP
    - 3.1. Calcolatrice o calcolatore?
    - 3.2. Architettura e proprietà
3. CEP50
  1. Il progetto HMR
    - 1.1. Il simulatore della Macchina Ridotta
  2. Laboratori di informatica
2. Conclusioni
3. Bibliografia e sitografia

### **1. Introduzione**

L'informatica odierna nasce con i calcolatori. Si tratta di macchine universali la cui caratteristica principale è la *programmabilità* che consente loro di elaborare dati numerici ma anche dati di varia natura come testi, immagini, suoni e filmati.

L'era dei calcolatori costituisce una fase importantissima nella storia dell'informatica che parte dal 3000 a.c. con la nascita dell'alfabeto, per poi arrivare alle prime macchine meccaniche per il calcolo del XVII secolo, fino alla Macchina di Turing e all'architettura di Von Neumann che negli anni '50 del secolo scorso hanno dato le linee guida sull'architettura sulla quale è basata ancora oggi il funzionamento dei computer moderni.

I primi computer erano dei grandi calcolatori. “Grandi” a livello di prestazione tecnologica: erano infatti in grado di effettuare calcoli complessi, compiti che per l’epoca sarebbero stati di difficile (se non impossibile) risoluzione, anche se oggi la stessa potenza di calcolo si può trovare in un qualsiasi telefono cellulare. Ma “grandi” anche in senso fisico: infatti le macchine di allora potevano occupare anche intere stanze. Basta pensare che la memoria, che oggi sta in un chip di mezzo centimetro, allora era fatta di interi armadi di anelli di metallo (ferrite) che i tecnici controllavano con il martello.

Questa relazione si propone indagare il contesto storico in cui in Italia è iniziata l’era dei calcolatori, di analizzare nelle sue varie parti la macchina che ha meritato il primato assoluto sul territorio nazionale e di far capire quanto grande sia stata l’importanza di quest’ultima, sia a livello di innovazione tecnologica ma anche come incipit per l’enorme sviluppo della disciplina informatica negli anni a seguire.

## **2. La Calcolatrice Elettronica Pisana**

La Calcolatrice Elettronica Pisana è stato padre-calcolatore di tutti i calcolatori italiani che dopo di lei si moltiplicarono sul suolo italiano. L’importanza di questa enorme macchina è tale da non farle temere il confronto con nessun elaboratore elettronico, non tanto per le sue prestazioni (che comunque sono state eccellenti) quanto per la sua natura. Infatti la sua progettazione, la sua costruzione e il suo funzionamento, furono pensati con il fondamentale obiettivo di investire nel fattore umano, consentendo ad un vasto gruppo di persone prima, di formarsi e, poi, di affermarsi nel campo dell’informatica.

### **2.1 Il progetto e i finanziamenti**

La storia della CEP ha inizio nel 1954 quando le province toscane di Pisa, Livorno e Lucca, stanziarono per l’università un fondo di circa 150 milioni di lire. L’idea di base era quella di consentire la costruzione di un apparecchio elettronico innovativo grazie al quale l’Università avrebbe potuto guadagnare visibilità e prestigio a livello internazionale e che avesse un impatto positivo sull’opinione pubblica. Questo progetto nasceva con l’ambizione di essere il punto di partenza per la formazione di un team di tecnici grazie ai quali la ricerca in questo campo sarebbe potuta progredire. Così, nell’Istituto di Fisica dell’Università di Pisa iniziarono gli studi per realizzare un elettrosincrotrone da un miliardo di elettronvolt.

Tuttavia l’idea di realizzare questo grande dispositivo tecnologico faceva gola a molte università italiane: anche l’università di Roma ricevette il contributo degli Enti Locali, che però in questo caso ammontava a circa 400 milioni di lire e così facendo si “aggiudicò” il progetto per la realizzazione dell’elettrosincrotrone che fu poi costruito a Frascati.

Perciò i progettisti pisani decisero di orientarsi su un altro tipo di progetto. Il consiglio sul tipo di soluzione alternativa da adottare arrivò da Enrico Fermi che suggerì di costruire

una calcolatrice elettronica, vedendo in questo strumento un grande vantaggio per gli studenti e gli studiosi che fossero stati interessati nella ricerca scientifica.

La decisione fu quindi quella di avviare un progetto per la realizzazione della calcolatrice elettronica: ovviamente decidere di costruire una macchina simile significava intraprendere la strada più rischiosa, ma acquistarla con le risorse a disposizione non era possibile. Inoltre prendeva sempre più forza la convinzione (che poi fu l'aspetto che caratterizzò tutto il percorso che portò alla realizzazione della CEP) del grande valore scientifico e dell'impatto educativo che quest'impresa avrebbe avuto.

Tuttavia L'Italia era in forte ritardo a livello di sviluppo tecnologico, infatti sia negli Stati Uniti d'America che in Inghilterra (ma anche in molti altri paesi europei come la Francia o la Germania) erano già in funzione alcune calcolatrici elettroniche sfruttate sia per scopi industriali che per la ricerca universitaria. In Italia invece, oltre a non essere mai stato progettato un apparecchio simile, non erano neppure mai stati investiti finanziamenti per acquistarne uno all'estero e inaugurare questo tipo di settore su suolo nazionale.

Per contenere i rischi legati all'inesperienza in questa disciplina fu istituito il Centro di Studi Calcolatrici Elettroniche (CSCE) con lo scopo di elaborare il miglior piano d'azione possibile. Il Comitato Direttivo di tale Centro accoglieva tre influenti personalità di quegli anni: il Professor Marcello Conversi, il Professor Alessandro Faedo (docente di Analisi Matematica) e il Professor Ugo Tiberio (docente di Radiotecnica).

Il CSCE si occupò della scelta dei componenti del Gruppo Esecutivo (GE), di cui fecero parte Alfonso Caracciolo di Forino, Elio Fabri, Sergio Sibani e Giuseppe Cecchini, i quali si occuparono di dare le basi al programma di costruzione della calcolatrice non solo a livello progettistico ma anche a livello organizzativo e finanziario. Questo gruppo raggiunse la conclusione di adottare un piano di lavoro orientato contemporaneamente su due sezioni di tecnici: la prima composta da ingegneri elettronici e la seconda, di stampo logico-matematico, composta prevalentemente da fisici teorici e matematici. L'attività di progettazione e realizzazione sia dell'hardware che del software aveva creato a Pisa degli interessi e delle competenze che si articolarono nel CSCE principalmente intorno a due figure:

- Alfonso Caracciolo di Forino specialmente per quanto riguardava linguaggi e problemi di programmazione;
- G.B. Gerace, specialmente per quanto riguardava gli studi relativi alla progettazione delle reti logiche e alla microprogrammazione.

Nacque così ufficialmente il progetto CEP.

La costruzione della CEP fu resa possibile anche grazie a una grande azienda come l'Olivetti che sostenne il progetto con risorse e finanziamenti diretti. Questa società, che negli anni '50 producendo calcolatrici meccaniche e macchine da scrivere era conosciuta in tutto il mondo, vide nel progetto pisano l'opportunità di ulteriore visibilità e decise inoltre

di creare a Pisa (precisamente a Barbaricina) il Laboratorio di Ricerche Elettroniche Olivetti, il cui scopo era quello di progettare l'ELEA 9003, cioè una calcolatrice di tipo commerciale che fu effettivamente progettata e completata nel corso del 1958.

In quegli anni, la costruzione di queste due calcolatrici elettroniche, contribuì a fare di Pisa il centro della ricerca informatica universitaria e industriale e rese possibile la vicinanza di alcuni studiosi che possono essere considerati padri fondatori dell'informatica italiana.

## 2.2 La Macchina Ridotta

Il progetto CEP partì ufficialmente a marzo del 1955. Il piano di lavoro fu suddiviso su 2 bienni: da gennaio 1956 a dicembre 1957 si sarebbe affrontata la realizzazione completa e la messa in funzione del nucleo centrale della macchina (ne rimanevano quindi esclusi il tamburo magnetico e i sistemi veloci di entrata e uscita), in seguito, da 1958 a dicembre 1959 si prevedeva di completare la macchina con gli organi ausiliari e di effettuarne il collaudo.

In realtà prima di affrontare la costruzione del calcolatore definitivo i progettisti ritennero opportuna la costruzione di una macchina più piccola, un prototipo, che però non fu mai dichiarata nei piani di lavoro. Così, nell'aprile del 1957 fu ultimato il progetto di questa prima macchina e il 24 luglio 1957 una circolare annunciò che il primo calcolatore italiano era pronto a essere messo in funzione: si tratta della prima CEP, conosciuta come "Macchina Ridotta".

Da un punto di vista storico la Macchina Ridotta, che precedette la CEP di tre anni, fu il primo calcolatore elettronico digitale costruito in Italia. In quel momento oltre alla Macchina Ridotta esistevano solo altre due calcolatrici elettroniche in Italia: la prima presso il Politecnico di Milano e la seconda all'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo di Roma (INAC). La differenza però consisteva nel fatto che, sia la macchina milanese che quella romana, non furono né progettate, né costruite in Italia ma, in entrambi i casi, furono acquistate presso imprese estere (rispettivamente dalla National Cash Register & Co. negli States e alla Ferranti in Gran Bretagna). La Macchina Ridotta costituisce quindi un traguardo molto importante per l'informatica, tanto che il 1957 fu da molti definito come "l'anno zero dell'informatica in Italia".



Questa macchina, nota anche come "Macchina Pilota" o "Calcolatrice Ridotta" o ancora "Nucleo Centrale", era una macchina diversa e, allo stato dell'arte, più interessante della CEP definitiva. La sua storia però è caratterizzata da intenti nascosti, diversi protagonisti ma soprattutto da una scarsa documentazione.

I progettisti infatti tentarono di nascondere l'esistenza di questo prototipo: la sua realizzazione non fu pubblicizzata e addirittura, quando si iniziò a costruire la CEP vera e propria, la

Macchina Ridotta fu smantellata per far posto fisicamente alla nuova macchina e alcune delle sue componenti furono riutilizzate ed integrate al nuovo calcolatore. La motivazione più facilmente attribuibile a questa scelta consiste nel fatto che i protagonisti della vicenda pisana si resero conto che il progetto, a causa della sua novità assoluta, presentava svariati rischi e non escludeva possibili errori di progettazione; perciò, dato che nessuno avrebbe finanziato un progetto che presentava possibili fallimenti decisero di tacere l'esistenza di una "pre-CEP".

Gli storici inoltre, messi fuori strada dal fatto che la Macchina Ridotta fu dichiarata come nucleo centrale della CEP e non come suo prototipo hanno sottovalutato la sua storia e la sua rilevanza.

Dai primi mesi del 1958 la Macchina Ridotta iniziò a essere usata come strumento di calcolo per la ricerca in altre discipline e per svolgere calcoli di vario tipo.

Uno dei compiti per cui fu utilizzata la MR fu l'analisi periodale di frequenze critiche ionosferiche e correlazioni con i dati sulle attività solari. Questo era un compito altamente specializzato e complesso tanto che, per poterlo portare a termine furono necessari: 40 giorni/uomo per scrivere il programma e 120 ore/macchina per eseguirlo.

La Macchina Ridotta fu inoltre usata anche come laboratorio per i primissimi corsi di informatica tenuti a Pisa nel 1958.

Quello che quindi è importante sottolineare è che la Macchina Ridotta del '57 presentava tratti più innovativi per il periodo rispetto alla macchina definitiva CEP del 1961, dato che presentava soluzioni all'avanguardia allineate ai progetti più avanzati dell'epoca.

A livello tecnologico era caratterizzata da:

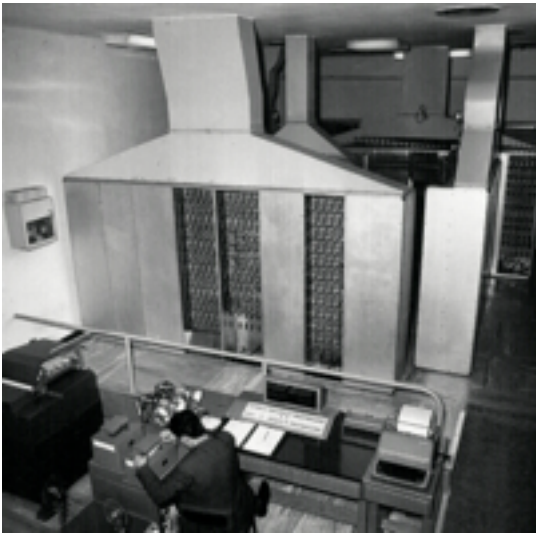
- Memoria a nuclei di ferrite: una tecnologia appena apparsa ma destinata ad avere un grande successo;
- Architettura parallela: che consentiva di elaborare insieme tutti i bit della parola;
- Controllo micro programmato: tecnologia già oggetto di studio di un progetto americano e di uno inglese;

Queste sono caratteristiche che non possedeva nessuna delle altre macchine presenti in Italia nel 1957. Anche per i progettisti fu sorprendente constatare che un prototipo con caratteristiche così semplici e limitate (la Macchina Ridotta possedeva un set di istruzioni molto ristretto) fosse in grado di risolvere problemi di notevole complessità.

La Macchina Ridotta ha però anche un grande significato dal punto di vista storico, in quanto fu effettivamente la prima calcolatrice elettronica progettata e costruita interamente in Italia, e il suo uso è testimoniato da verbali, relazioni, manuali e articoli scientifici che riportano i risultati ottenuti grazie ai programmi eseguiti su quest'ultima. Questa macchina, malgrado fu dimenticata, dimostrò la capacità della ricerca italiana di mettersi al passo dei più avanzati studi inglesi e statunitensi.

## 2.3 La nascita della CEP

Dopo il completamento e il favorevole collaudo della Macchina Ridotta iniziò la costruzione della CEP. In questa fase si decise di riutilizzare, per quanto possibile, il progetto e anche alcune componenti della Macchina Ridotta, sia per risparmiare tempo e denaro, sia per ridurre i fattori di rischio replicando di soluzioni già sperimentate.



La natura di questa calcolatrice può essere considerata a cavallo tra due generazioni di calcolatori: i calcolatori a valvole e quelli a transistori. Durante la fase di costruzione si aprì un vero e proprio dibattito tra i sostenitori di ognuna delle due tecnologie. Alla fine prevalse l'opzione meno costosa e meno rischiosa: si decise di utilizzare i transistori solo nelle poche componenti da progettare nella loro totalità (ad esempio l'unità di controllo a microprogramma e l'unità di alimentazione). La tecnologia a transistori fu poi utilizzata per le espansioni della struttura originaria, come l'unità di memoria a nastri

magnetici e il controllo di una nuova stampante parallela, realizzate dopo l'entrata in funzione della CEP.

Inoltre la CEP era caratterizzata da una struttura logica che la rendeva unica nel suo genere: essa conteneva oltre 3000 tubi termoionici, 2000 transistori e 12000 diodi al germano, era dotata di un'ottima flessibilità nella programmazione, da tempi di esecuzione dei calcoli molto rapidi (la sua potenza di calcolo era pari a circa 7,7 kiloflop) e da una grande capacità di memoria (circa 36 Kbyte). La macchina era in grado di risolvere in pochi minuti un sistema di 100 equazioni lineari in 100 incognite. Queste complesse prestazioni che, affrontate con gli ordinari calcolatori da tavolo avrebbero avuto bisogno di più di mille ore per essere risolte (ipotizzando oltretutto che l'operatore che svolge i calcoli sia in grado di lavorare senza mai fermarsi, ma soprattutto senza mai sbagliare), contribuirono a renderla una delle macchine più potenti di tutta l'Europa.

La costruzione della CEP fu portata a termine alla fine del 1960.

Le sue caratteristiche principali erano:

- Lunghezza della parola di 36 bit;
- Aritmetica in virgola fissa e in virgola mobile, in singola e doppia precisione;
- 128 istruzioni e 220 pseudo-istruzioni;
- Istruzioni di lunghezza fissa pari a una parola;
- 8192 (8K) parole di memoria a nuclei magnetici;

- 70.000 addizioni o 7.000 moltiplicazioni al secondo;
- Entrata con lettore fotoelettrico; uscita con perforatori di nastro, con telescrivente e con stampante parallela.

L'inaugurazione ufficiale della CEP, come risultato finale di un'ottima collaborazione fra istituzioni di ricerca (Università di Pisa, INFN e CNR), finanziatori pubblici (le province dell'Area Vasta) e imprenditori privati (Adriano Olivetti), avvenne il 13 novembre del 1961 in presenza del Presidente della Repubblica Giovanni Gronchi. Il piano di lavoro iniziale non fu rispettato, infatti invece che i quattro anni previsti per l'ultimazione della CEP, ne furono impiegati cinque: un anno di ritardo può non sembrare molto ma in realtà, dato che quello dei calcolatori era un settore in rapida espansione in quel periodo, furono sufficienti quei soli 365 giorni a far sì che in Italia, nel momento dell'inaugurazione, fossero già in funzione più di venti calcolatrici elettroniche. Tuttavia il prestigio della CEP, malgrado il suo ritardo nei tempi di produzione, fu ampiamente riconosciuto anche in sede internazionale, tanto che fu definita come "the most advanced and most powerful university-made computer of the West-European Continent".

La CEP entrò così in funzione all'inizio dell'anno 1961: il suo regime di utilizzo può essere stimato tra le 2.000 e le 5.000 ore l'anno rivelandosi un eccellente strumento a disposizione dei ricercatori del CSCE e dell'Università.

Ben presto però la CEP si dimostrò insufficiente per le esigenze degli stessi utenti dell'Università di Pisa, e così nel 1964, il Rettore Alessandro Faedo riuscì ad ottenere dall'International Business Machines Corporation (un'azienda statunitense, ancora oggi tra le maggiori al mondo nel settore informatico) la donazione di un calcolatore IBM 7090, per la cui gestione fu istituito il Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico (CNUCE).

La Calcolatrice lavorò, seppure a ritmi inferiori, per altri 4 anni, ma infine fu deciso per il suo smembramento. In ogni caso la CEP fu, a tutti gli effetti, una macchina da record: simbolo della creatività e dell'ingegno che animava i ricercatori italiani e di un paese nel pieno della crescita economica.

### **2.3.1 Calcolatrice o calcolatore?**

Tra "calcolatrice" e "calcolatore" vi è una grandissima differenza. Questa distinzione etimologica non si limita all'italiano ma è presente in molte altre lingue, infatti accanto agli italiani *calcolatrice* e *calcolatore* ci sono gli inglesi *calculator and computer*, i francesi *calculatrice* e *ordinateur*, i tedeschi *Rechenmaschinen* e *Computer*, e gli spagnoli *calculadora* e *ordenador*. La differenza sta nella complessità delle operazioni eseguibili dai due tipi di macchina: da un lato la calcolatrice che è in grado di risolvere le quattro operazioni aritmetiche, dall'altra il calcolatore che riesce a risolvere problemi molto più articolati e ampi caratterizzati da più fasi di elaborazione. La peculiarità del calcolatore è proprio la

sua capacità di compiere operazioni successive, di tenere traccia dei dati iniziali e dei dati intermedi e soprattutto di saper tenere in memoria complessi algoritmi, che vengono codificati come programmi.

Alla luce di questa notevole differenza, è normale chiedersi come mai quando si parla della CEP si utilizzi erroneamente il termine “calcolatrice”, quando invece risulta ben chiara la sua natura di “calcolatore”. In verità questa anomalia si presentò ancora prima dell’effettiva partenza dell’impresa pisana, infatti il Centro istituito nel 1955 per dare una forma istituzionale al progetto era stato denominato CSCE: Centro di Studi sulle *Calcolatrici Elettroniche*.

Però occorre notare che il CSCE all’estero era definito come Center of Research on Electronic *Computers* e che allo stesso modo nei documenti redatti in inglese la CEP era definita “computer”, ma in italiano persiste il termine “calcolatrice”. Per questa ragione sembrerebbe che la colpa della scorretta definizione in italiano sia da imputare solo ad un’infedele traduzione.

In realtà mentre in Italia il termine “calcolatore” designava l’individuo che lavorava con la “calcolatrice” (che era appunto la macchina con cui venivano eseguiti i calcoli), negli stessi anni all’estero questo termine stava iniziando ad assumere un nuovo significato. Una macchina veniva definita “calcolatore” quando era capace di gestire automaticamente un procedimento, cioè quando diventava capace di assumere un ruolo che prima era umano. Il termine “calcolatore” diventa così il modo con cui veniva indicata la nuova classe di strumenti per il calcolo, ma in Italia questo passaggio di significato avvenne più lentamente e nel 1955 il termine “calcolatore” non identificava ancora una macchina. Perciò la CEP rimase “calcolatrice”.

### **2.3.2 Architettura e Proprietà**

La CEP era stata pensata come calcolatrice universale, ma la sua effettiva applicazione fu la risoluzione di calcoli scientifici. Proprio per questa specificità applicativa le sue caratteristiche interne erano tali da consentirle di ricevere in ingresso grosse quantità di dati, di elaborarli molto velocemente e di fornirne in output il risultato, che solitamente consisteva in un numero o un’equazione. La CEP non fu mai idonea a gestire programmi di tipo commerciale e questa fu la ragione per la quale da un lato non si avvicinò mai a utenze private e dall’altro, però, fu velocemente superata da calcolatori molto più potenti.

La CEP era un calcolatrice elettronica numerica a programma interno. Una delle sue peculiarità era quella di elaborare contemporaneamente tutte le cifre binarie di una parola: era infatti un calcolatore in *parallelo*. Ogni parola aveva lunghezza fissa a 36 bit e costituiva il contenuto standard di una cella di memoria.

Due proprietà importanti della macchina erano: la sua *asincronia* e la trasmissione *in continua*. Con trasmissione in continua, ci si riferisce al fatto che le informazioni venivano elaborate su due livelli di tensione diversi (-14 Volt e +10 Volt) che costituivano le due cifre



binarie; mentre con asincronia si intende il suo modo di elaborare informazioni senza l'ausilio di un clock.

L'unità di controllo funzionava a *microprogramma o pseudoistruzioni*: cioè una sequenza di microistruzioni successive memorizzate nella RAM. Ogni istruzione occupava una parola e poteva essere di due tipi: istruzione ordinaria a un indirizzo e istruzione straordinaria a due indirizzi (di cui uno era un indirizzo parametrico).

La CEP possedeva un repertorio di 128 istruzioni, che però presentava una grande capacità di estensione: questo fu uno degli elementi distintivi, insieme alla sua velocità, che contribuirono a fare delle CEP in quegli anni uno dei calcolatori più potenti d'Europa.

La struttura della CEP è suddivisibile in sei unità tecnologiche:

- Unità aritmetica.
- Unità indirizzi.
- Unità di memoria.
- Unità di controllo.
- Unità esterna.
- Unità di alimentazione.

L'**unità Aritmetica** era l'unità responsabile del calcolo.

Operava su 36 bit ed il suo compito era l'esecuzione di tutte le operazioni aritmetiche grazie alla sua architettura interna composta da più registri e da circuiti interni.

Le parti che compongono questa unità sono:

- Un addizionatore, con funzioni logiche e aritmetiche;
- Due registri capaci di traslazioni, entrambi con funzione di accumulatori, ma che assumono ruoli non intercambiabili nella moltiplicazione;
- Un registro ausiliario e degli indirizzi, connesso in modo da consentire la modifica automatica delle istruzioni;
- Cinque commutatori.

In più sono situati in questa unità anche:

- Il registro di lettura della memoria;
- Il relativo commutatore.

L'unità aritmetica era in grado di gestire due tipologie di numeri:

- Numeri a virgola fissa: cioè numeri decimali di 10,5 cifre;
- Numeri a virgola mobile: cioè numeri decimali con parte frazionaria di 8 cifre ed esponente (rispetto alla base 10) compreso fra -38 e +38.

Queste sono le velocità di calcolo in microsecondi impiegate per la risoluzione delle varie operazioni aritmetiche:

VELOCITÀ DI CALCOLO	Virgola fissa	Virgola mobile
Addizione	15	100
Sottrazione	15	100
Moltiplicazione	140	140
Divisione	190	200

L'**Unità indirizzi** operava su 15 bit ed era formata da:

- Addizionatore;
- Due registri per l'origine dei gruppi parametrici;
- Registro per l'indirizzo delle celle parametriche;
- Registro per l'indirizzo di chiamata dell'istruzione;
- Cinque commutatori.

I progettisti hanno deciso di tenere questa unità separata dall'unità di controllo, rispetto alla quale svolge funzioni simili (essa infatti contiene i registri che contengono gli indirizzi di memoria), perché in molte istruzioni svolge anche compiti simili a quelli dell'unità aritmetica.

L'**unità di memoria** era costituita da una memoria centrale di 8.192 parole (8 Kparole), espandibile a 32.768 parole. La memoria della CEP era suddivisa in celle, il contenuto di una cella composto da un certo gruppo di cifre binarie era definito *parola*. La sua organizzazione è detta *a coincidenza di corrente*: questo significa che ogni parola aveva un bit su ogni piano nella posizione determinata univocamente dal suo indirizzo. Inoltre l'operazione di lettura era distruttiva infatti al suo termine, il nucleo magnetico si trovava nella condizione in cui era stato forzato dal segnale di lettura perciò era necessaria una seconda fase di riscrittura dell'informazione appena letta.

Questa unità era inoltre formata da:

- Due gruppi di 36\*36 nuclei magnetici: questi gruppi erano letteralmente degli armadi in cui i nuclei erano disposti su 18 piani a doppia faccia di 36 nuclei ciascuno;
- Sistema di pilotaggio a coincidenza a matrici di trasformatori lineari;
- Circuiti di lettura, inibizione e pre-pilotaggio;
- Gruppo delle linee di ritardo che fornivano a tempi opportuni gli impulsi necessari.

Il tempo di accesso impiegato per raggiungere l'unità di memoria era di 5,5  $\mu$ s.

**L'unità di controllo** era un selettore dei segnali realizzato da bacchette di ferrite. Le sue dimensioni erano pari a quelle di uno degli armadi dai quali era costituita l'unità di memoria e la sua particolarità era dovuta al fatto che in questa parte della CEP fu realizzato il primo tentativo di approccio alla tecnologia dei transistor: infatti i registri in uscita erano composti da transistori che registravano l'arrivo dell'impulso. Questa unità era composta da una matrice di fili di rame smaltato composta da 256 spire verticali per 256 spire orizzontali, nei cui incroci venivano inserite le bacchette di ferrite ogni qual volta si voleva che un impulso che viaggiava su una spira orizzontale fosse pilotato in quella verticale e registrato dal relativo transistor. Questo tipo di struttura rendeva l'esecuzione delle istruzioni, oltre che facilmente modificabile, anche molto veloce: infatti un'istruzione, una volta eseguita, selezionava una delle spire orizzontali e poi pilotava le opportune linee verticali in modo tale da selezionare le varie parti della macchina che erano interessate all'esecuzione di quella istruzione.

L'Unità di controllo era costituita da:

- Registro del codice di operazione delle microistruzioni ad 8 bit;
- Sottomatrice di pilotaggio delle microistruzioni;
- Selettore dei comandi delle microistruzioni a bacchette di ferrite lineare e transistori, che includeva 256 ingressi (microistruzioni) e 256 uscite (linee di comando);
- Circuito che forniva, in base ai cicli temporali, gli impulsi di comando agli organi di memoria e che veniva chiamato temporizzatore interno;
- Circuito di formazione di informazioni per il condizionamento dell'esecuzione e successione delle microistruzioni;
- Commutatore;
- Staticizzatore dove veniva scritto il comando selezionato nella sottomatrice di pilotaggio;
- Rete logica di pre-selezione nella quale i comandi staticizzati nella sottomatrice erano elaborati dalle condizioni formate dall'apposito circuito con informazioni provenienti dal nucleo centrale ed inviati alle reti dello stesso, per compiere l'operazione desiderata;
- Rete logica di preselezione che attuava la sequenza del microprogramma speciale di modifica automatica delle istruzioni.

**L'unità esterna**, la sua funzione era quella di memoria tampone. Era costituita da:

- Un registro di una parola che serviva da buffer per il collegamento delle unità di entrata e delle memorie ausiliare della calcolatrice
- Un controllo esterno
- Alcuni organi esterni:
  - Tamburo magnetico di 16.384 parole con circuito di controllo e di lettura-scrittura di un carattere di 6 bit (+ 1 bit di controllo).

- Unità a nastro magnetico (fino a 8 unità), con circuito di controllo di un carattere di 6 bit (+ 1 bit di controllo): la velocità di lettura-scrittura era di 20.000 car/sec;
- Un lettore fotoelettrico di banda in entrata con circuito di controllo e lettura di un carattere di 6 bit (+ 1 bit di controllo): la velocità di lettura era di 300 car/sec (LF);
- Una telescrivente trasmittente-ricevente a 7 car/sec (RU);
- Un perforatore di banda a 7 o 5 canali che operava a 60 car/sec;
- Uno stampatore parallelo a 150 car/min con memoria ausiliaria a nuclei magnetici di 102 caratteri di 11 bit e proprio circuito di controllo;
- Un temporizzatore esterno;
- Un quadro di comando manuale;
- Due commutatori.

**L'Unità di alimentazione** è composta da alimentatori identici in cascata le cui tensioni sono scalate tra -150 e +250 di 50 in 50 volt. Questi alimentatori costituiscono la seconda parte della CEP in cui viene utilizzata la tecnologia a transistor: infatti questi ultimi sono completamente transistorizzati.

### 3. CEP50

La CEP fu disattivata dopo 7 anni di onorato servizio, fu smontata e alcune sue parti furono disperse. Quando, più tardi, si riacquistò la consapevolezza del suo valore storico, la maggior parte delle sue componenti furono recuperate e ricomposte prima nella Domus Galileiana di Pisa e successivamente nel Museo degli Strumenti di Calcolo dell'Università di Pisa, dove la macchina è tuttora esposta.

Nel 2011 in occasione dei 50 anni della CEP è stata organizzata a Pisa una mostra e alcune iniziative che, sfruttando il fascino esercitato dalle grosse macchine del passato, si propongono lo scopo di utilizzarle come strumento divulgativo per apprezzare e comprendere le tecnologie hardware e software di oggi.

Grazie alla lente di ingrandimento resa possibile dalle enormi dimensioni degli antenati dei computer moderni si può avere accesso ai dettagli di quella tecnologia e quindi capire quali sono i meccanismi che regolano il funzionamento interno dei calcolatori, ma soprattutto si può scoprire che i principi alla base di quelle vecchie macchine sono gli stessi presenti ancora oggi nei dispositivi tecnologici odierni.

A tale proposito sono stati offerti alle scuole laboratori didattici basati su ricostruzioni di macchine storiche, approfondimenti e testimonianze sull'informatica dagli anni 50 a oggi.

#### 3.1 Il progetto HMR

Circa 7 anni fa un progetto a cura di Fabio Gadducci e Giovanni A. Cignoni si è posto l'obiettivo di ricostruire la Macchina Ridotta: il progetto si chiama *Hackerando la Macchina*

*Ridotta (HMR)*. Studiando questa macchina ai fini della ricostruzione i protagonisti di questo esperimento si accorsero che si trattava di una macchina completamente diversa dalla CEP definitiva e più interessante dal punto di vista tecnologico. Il progetto si è scontrato fin da subito con la difficoltà di recuperare la documentazione, tuttavia, quanto è stato rinvenuto e studiato finora permette di illustrare diversi aspetti interessanti della storia e della tecnologia della Macchina Ridotta.

HMR affronta la ricerca storica approfondendone anche gli aspetti tecnologici, indispensabili sia per conoscere nella loro completezza i fatti e le loro dinamiche, sia per poter ricostruire a scopo divulgativo e didattico le macchine del passato. HMR è un vero e proprio esempio (ad oggi l'unico in Italia) di archeologia sperimentale dell'informatica: infatti per comprendere e ricostruire una macchina storica è stato necessario colmare molte lacune informative, immedesimarsi nei protagonisti della vicenda pisana, formulare delle ipotesi e verificarle attraverso esperimenti.

Uno dei risultati del progetto è la ricostruzione in maniera virtuale, cioè come simulatori, della Macchina Ridotta del 1956, il primo progetto che rimase solo sulla carta, e la Macchina Ridotta del 1957, quella effettivamente portata a termine nel '58. L'utilizzo di questi simulatori è molto importante a scopo didattico perché aiuta gli studenti che vogliono entrare in contatto con le discipline informatiche ad avere maggiore consapevolezza di quali siano le leggi che regolano i meccanismi dei grandi calcolatori del passato e di conseguenza evidenziare le differenze funzionali tra quelle macchine e un computer moderno.

I risultati ottenuti da questo progetto, realizzato dal 2006 al 2010 grazie anche al contributo attivo degli studenti universitari della Facoltà d'Informatica, sono stati un ottimo supporto didattico per i laboratori informatici organizzati in occasione dei 50 anni CEP.

### **3.1.1 Il simulatore della Macchina Ridotta**

Il simulatore della Macchina Ridotta è un software che si propone di ricreare l'interfaccia utente del calcolatore del '57 e di riprodurre le funzionalità.

Quello che emerge da questa fedele ricostruzione è la consapevolezza della differenza nel procedimento di lancio di un programma sulla MR rispetto a quello su un computer odierno.

Oggi basta un doppio click per far partire un programma: l'icona sul desktop rappresenta l'indirizzo del programma su disco, il sistema operativo trova il programma, lo legge, lo carica in memoria e passa il controllo al programma per eseguirlo. Tutto ciò solo con un doppio click.

La MR non era molto differente concettualmente dai computer di oggi. Tuttavia lanciare un programma sulla MR era meno intuitivo e costava un po' più di fatica e di tempo.

Prima di tutto è necessario sapere che i programmi non si trovano sull'hard-disk ma su dei nastri perforati a 5 fori esterni. Quindi innanzitutto va cercato il nastro relativo al

programma che ci serve e secondariamente va inserito all'interno del lettore; infine va lanciato manualmente il programma che serve per leggere il nastro. Il programma viene poi inserito in memoria come stabilito dal nastro perché è su quest'ultimo che è stabilita la zona della memoria in cui deve stare il programma. Infine il programma viene fatto partire sempre attraverso dei comandi impartiti manualmente. L'intera procedura viene ovviamente effettuata passando alla macchina istruzioni in binario.

In conclusione quindi le differenze concettuali tra i due processi sono pressoché nulle, perché i passaggi fatti dal computer di oggi sono gli stessi fatti dalla Macchina Ridotta. Ma nella pratica invece cambia molto, perché a differenza del computer di oggi dove i procedimenti sono completamente automatici, la macchina ridotta dipendeva ancora dal fattore umano, cioè da un utente che gli indicasse manualmente che cosa fare passo per passo.

Per capire nello specifico come si presentava l'interfaccia utente della MR in particolare, sono descritte qui di seguito le varie componenti del Quadro di Comando Manuale (QCM), cioè della console della MR.

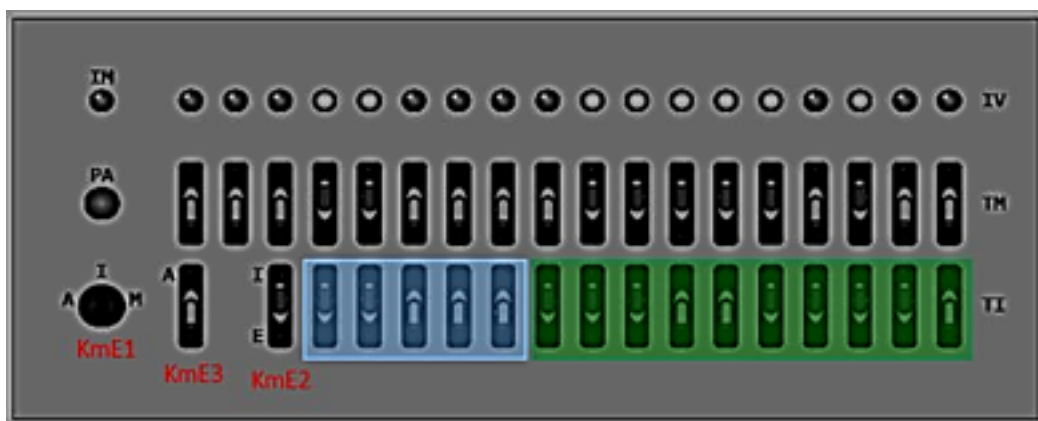


Figura 3 - Simulatore Interfaccia Utente MR del '57

Nello schema del QCM si possono individuare:

- Un indicatore visivo (IV), composto da 18 spie luminose che presentavano il valore dell'ultima parola letta dalla memoria (acceso per 1 e spento per 0);
- La tastiera della memoria (TM), composta da 18 chiavi telefoniche che commutano fra +10V e -14V, usate per l'introduzione bit a bit di una parola in memoria;
- La tastiera delle istruzioni (TI), composta da 15 chiavi telefoniche che commutano fra +10V e -14V, usate per l'impostazione bit a bit delle istruzioni esterne:

In particolare:

- o I pulsanti evidenziati in blu servivano per scrivere in binario il codice dell'istruzione che si voleva eseguire (cioè un numero compreso tra 10 e 15);

- o I pulsanti evidenziati in verde invece rappresentano in binario l'indirizzo di memoria del programma (cioè un numero compreso tra 0 e 9);
- Un indicatore di marcia, costituito da una spia luminosa, collegata al temporizzatore, quando è acceso indica il funzionamento del generatore di impulsi (cioè della macchina);
- Un pulsante di avviamento (PA), costituito da un commutatore a posizione preferenziale che produce un impulso al temporizzatore e avvia la MR nella modalità di funzionamento stabilita dalla posizione del commutatore E1;
- Il commutatore manuale-automatico (KmE1), cioè un commutatore rotante a 3 posizioni, corrispondenti a: funzionamento automatico, funzionamento manuale per istruzioni e funzionamento manuale per microistruzioni;
- Il commutatore di arresto condizionato (KmE2), costituito da una chiave telefonica (fila in basso: la prima a sinistra) che serviva per stabilire se eseguire un'istruzione interna o esterna;
- Il commutatore per le istruzioni esterne (KmE3), costituito da una chiave telefonica (fila in basso: la seconda a sinistra) e legato all'uso della tastiera TI.

La presenza di quest'ultimo commutatore è molto importante perché le istruzioni eseguibili tramite il software di simulazione (così come quelle impartibili alla MR nella realtà) erano cicliche: questo commutatore consentiva dunque di interrompere il ciclo che altrimenti si sarebbe protratto all'infinito.

### **3.2 Laboratori di informatica**

Grazie all'occasione offerta dalla ricorrenza dei 50 anni dall'inaugurazione della CEP sono stati organizzati dei laboratori didattici sperimentali durante i quali è stato possibile mettere a contatto i giovani studenti con le tecnologie passate.

Questo incontro ha dato esiti interessanti.

Avendo avuto modo di partecipare ad alcuni di questi laboratori ho potuto notare che gli studenti non sono rimasti eccessivamente stupiti dalle prestazioni dei vecchi calcolatori: alcuni di loro hanno trovato "noioso" che anche l'esecuzione di semplici procedure richiedesse un gran numero di passaggi e una profonda conoscenza dell'architettura e delle proprietà della macchina stessa.

Quello che invece ha effettivamente stupito gli studenti sono state le ingenti dimensioni dei calcolatori degli anni '50. Guardando i loro cellulari o tablet o personal computer non hanno potuto far altro che osservare, alcuni con disprezzo, altri con ammirazione, le foto dei colossi tecnologici di allora e constatare la strabiliante evoluzione che questo settore ha compiuto in poco più di 60 anni.

È stato presentato ai ragazzi il simulatore software della Macchina Ridotta che ha consentito loro di interagire in modo virtuale con la Macchina Ridotta eseguendo passo-

passo le istruzioni che compongono un programma. Il programma scelto per i laboratori in questione è quello che si occupa della semplice stampa video della stringa "Hello World". Quello che è emerso da questa esperienza è stato constatare quanto sia lieve la consapevolezza di quanto ha significato l'esperienza della Calcolatrice Pisana per il mondo della tecnologia.

## 4. Conclusioni

Questa relazione aveva come obiettivo di ripercorrere la prima fase dell'informatica in Italia, di analizzare il contesto storico e sociale in cui sono apparsi i primi grandi calcolatori, sottolineando quali siano stati gli enormi sforzi a livello finanziario, ma soprattutto a livello scientifico, compiuti per la realizzazione della prima macchina progettata e costruita interamente in Italia, di indagare quali siano state le conseguenze dell'impresa CEP che hanno contribuito a fare di Pisa, in quegli anni, il centro nevralgico della ricerca informatica. Ad oggi quello che emerge è che l'importanza del progetto pisano è ravvisabile soprattutto nell'istituzione, da quel momento in poi, di svariati organi dediti alla ricerca che costituiscono i testimoni diretti di quella sfida tecnologica che si erano posti i progettisti della CEP. Si può quindi dire che la Calcolatrice ha costituito il punto di svolta in Italia per l'informatica, il primo risultato che ha dato il via all'irrefrenabile evolversi di questa disciplina.

Infine, ultimo, ma non meno importante proposito di questo elaborato era sottolineare quanto sia importante non dimenticare la CEP: rendere consapevoli i giovani di quanto sia stata fondamentale per allora la costruzione di questo calcolatore dal punto di vista tecnologico, ma di quanto questo continui ad essere di notevole interesse dal punto di vista storico per il bagaglio culturale di chi, come ognuno di noi, utilizza i milioni di dispositivi elettronici disponibili nel mercato odierno senza la consapevolezza di quale sia il loro passato e di quanto studio abbia portato alla loro realizzazione.

## 5. Bibliografia e Sitografia

- Giovanni A. Cignoni, Fabio Gadducci, *La CEP prima della CEP, Divulgazione scientifica e didattica sperimentale. Atti del Convegno (Pisa 11-12 Novembre 2011)*, Pisa University Press, 2013.
- R.A. Allan, *A History Of The Personal Computer - The People and the Technology*, Allan Publishing Company, 2001.
- A. Caracciolo, G. Cecchini, E. Fabri, S. Sibani, "Progetto dettagliato di una prima calcolatrice elettronica (macchina ridotta)", Nota Interna del CSCE, Serie I n. 26, 1956;



- A. Caracciolo, E. Fabri, "Complementi e variazioni al progetto logico dettagliato della macchina ridotta", Nota Interna del CSCE, Serie I n. 36, 1957;
- Hackerando la macchina ridotta: <http://hmr.di.unipi.it/index.html>, novembre 2014;
- Pisa, culla dell'Informatica: mezzo secolo dopo la CEP e l'Olivetti di Barbaricina, <http://www.cep.cnr.it/index.html>, novembre 2014.