

# I laboratori didattici di HMR al Museo degli Strumenti per il Calcolo

Giovanni A. Cignoni, Fabio Gadducci  
Dipartimento di Informatica, Università di Pisa  
Largo B. Pontecorvo 3, 56127 Pisa  
{cignoni, gadducci}@di.unipi.it

*Nel 1957 la Macchina Ridotta (MR) fu il primo calcolatore elettronico costruito in Italia, precedendo la sorella maggiore, la Calcolatrice Elettronica Pisana, di quasi quattro anni. Oltre al notevole primato cronologico, confrontata con le macchine sue contemporanee, la MR adottava soluzioni tecnologiche all'avanguardia. Ricostruita virtualmente e, in parte, anche fisicamente, la MR è protagonista dei laboratori didattici proposti dal Museo degli Strumenti per il Calcolo di Pisa. L'articolo descrive il percorso e i risultati del progetto Hackerando la Macchina Ridotta (HMR) che, applicando alla storia dell'informatica i metodi dell'archeologia sperimentale, ha realizzato un'offerta divulgativa unica in Italia: il fascino e la curiosità di giocare con una macchina antica sono usati per svelare e far comprendere i principi e i meccanismi che, ancora oggi, governano il funzionamento dei calcolatori.*

## 1. Introduzione

Anche se il termine risulta ormai associato al significato di “pirata informatico”, nel gergo nato nei laboratori del MIT “hacker” indica in realtà una persona che, mossa da una sana curiosità scientifica, vuole comprendere fino in fondo come e perché funzionano i calcolatori [Levy, 2002]. È questo lo spirito dei laboratori didattici proposti insieme alla mostra **La CEP prima della CEP** [CEP50] inaugurata lo scorso 13 novembre al **Museo degli Strumenti per il Calcolo** di Pisa.

Il progetto **Hackerando la Macchina Ridotta** (HMR) [Cignoni et al, 2010; HMR] ha per la prima volta affrontato la storia della **Calcolatrice Elettronica Pisana** (CEP) con un rigoroso approfondimento tecnologico. Ne è risultata l'inaspettata riscoperta della **Macchina Ridotta** (MR), una vera e propria “CEP prima della CEP”, e il riconoscimento del suo notevole valore storico e tecnologico che nella precedente letteratura era stato trascurato o del tutto ignorato.

Il frutto della ricerca di HMR costituisce il contenuto originale della mostra ora allestita al Museo. Per completare la proposta divulgativa, l'evento espositivo è associato a un'ampia offerta di percorsi e laboratori didattici. In particolare, i laboratori sono basati sull'interazione con le ricostruzioni virtuali delle macchi-

ne del progetto CEP e sono pensati per fornire una esperienza diretta, accattivante nei risvolti ludici, delle difficoltà dei pionieri dei primi calcolatori.

Il laboratori usano le due versioni della Macchina Ridotta, riscoperte dal progetto HMR e ricostruite virtualmente, per spiegare l'informatica. Da una parte, è curioso e affascinante lavorare su calcolatori vecchi di oltre cinquanta anni, ma protagonisti assoluti della storia dell'informatica nazionale. Dall'altra, la semplicità delle macchine permette di comprendere i concetti e i meccanismi di base dell'informatica che, nonostante le incredibili prestazioni raggiunte oggi, sono sempre gli stessi di allora.

L'articolo riporta la prima esperienza pratica di un'idea – l'uso didattico di calcolatori storici – che ha le sue radici in una precedente edizione di Didamatica [Didamatica, 2010]. L'articolo introduce brevemente la storia del progetto CEP (Sezione 2) sottolineando la rilevanza storica e tecnologica della MR (Sezione 3), discute i motivi della sottovalutazione della MR nella precedente letteratura (Sezione 4), presenta le ricostruzioni virtuali e non della MR (Sezione 5) e il loro uso nei laboratori didattici (Sezione 6).

## 2. Il progetto CEP

La nascita del progetto CEP fa ormai parte del mito fondativo dell'informatica italiana che diversi autori hanno contribuito a ricostruire e divulgare [De Marco et al, 1999; Maestrini, 2006; Andronico, 2007; Sprugnoli e Mancino, 2011].

A partire dal 2006 il progetto HMR ha iniziato a recuperare, identificare e rendere disponibile in digitale la documentazione storica, sia amministrativa che soprattutto tecnica, rilevante per ricostruire la storia dei primi anni del progetto CEP [HMR Archivio]. Una catalogazione sistematica della documentazione del progetto CEP è stata successivamente realizzata anche dalla Biblioteca dell'ISTI CNR [Collezione CSCE]. Sull'insieme di questa documentazione è basata la breve ricostruzione dei fatti proposta nel seguito che, sebbene concisa, aggiunge alcune notizie inedite rispetto alle ricostruzioni precedenti.

È noto come il **Consorzio Interprovinciale Universitario** (CIU), costituito degli enti pubblici di Pisa, Lucca e Livorno, nei primi anni Cinquanta avesse stabilito un finanziamento di 150 milioni di lire per costruire a Pisa un sincrotrone. L'iniziativa però si scontrò con la migliore offerta di Roma e la conseguente decisione di realizzare il sincrotrone a Frascati.

Nell'agosto del 1954, Marcello Conversi e Giorgio Salvini dell'Istituto di Fisica di Pisa, per trovare una nuova destinazione ai fondi del CIU, coinvolsero Enrico Fermi in occasione della sua presenza a Varenna alla Scuola Internazionale di Fisica. Fermi scrisse ad Enrico Avanzi, rettore dell'Ateneo pisano, sostenendo la proposta di costruire una macchina calcolatrice. Avanzi, forte del parere dell'illustre scienziato, appoggiò con decisione il progetto contro la tiepidezza degli amministratori locali. Dai verbali risulta il disappunto di alcuni esponenti politici: il sincrotrone infatti "esercitava maggiore influsso sull'opinione pubblica" ed era anche "spettacolare per la propaganda che facilmente si è fatta" [Verbale del 10 ottobre 1954]. A ogni modo, vincendo anche le ultime resistenze di alcu-

ne componenti interne all'Ateneo, nel marzo 1955 fu infine deciso di costituire il **Centro Studi sulle Calcolatrici Elettroniche** dell'Università di Pisa (CSCE) e il progetto e la nuova destinazione dei fondi furono ufficializzati dal CIU a giugno.

Determinante fu anche il coinvolgimento dell'**Olivetti**. L'azienda di Ivrea aveva da tempo identificato la necessità di investire sul nascente settore dei calcolatori elettronici: nel 1949 aveva stabilito un'alleanza con la Bull francese, nel 1952 aveva aperto negli Stati Uniti il laboratorio/osservatorio di New Canaan sulle tecnologie elettroniche [Barbiellini et al, 2010]. Inoltre, come emerge dalla ricca corrispondenza di Mauro Picone [Guerraggio et al, 2010] aveva già tentato di avviare con l'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo di Roma un progetto nazionale per la costruzione di un calcolatore elettronico.

La disponibilità dei fondi a Pisa fu per l'Olivetti un'occasione da non perdere: la volontà di partecipare al progetto del CSCE è evidente nella disponibilità dell'azienda piemontese, che offrì personale specializzato, competenze, materiali e, nelle ultime fasi della trattativa, anche investimenti finanziari diretti. La collaborazione con Olivetti sarà formalizzata in una convenzione firmata nel maggio del 1956, ma nei fatti iniziò sin dal 1955 con la partecipazione di Mario Tchou alla stesura del piano quadriennale per la costruzione della CEP.

Negli stessi anni Olivetti investì ulteriormente su Pisa. Per realizzare anche un proprio prodotto, più adatto alle esigenze del mercato *business*, organizzò a Barbaricina un secondo gruppo di ricerca: il **Laboratorio Ricerche Elettroniche** (LRE) diretto da Tchou. Qui nascerà la linea di calcolatori ELEA, dei quali ELEA 9003, il primo prodotto in serie, sarà presentato in prototipo alla Fiera di Milano del 1959 e comincerà a essere consegnato ai primi clienti nel 1960.

La CEP fu terminata nella prima metà del 1961, con circa un anno e mezzo di ritardo rispetto al piano di lavoro previsto originariamente. Fu ufficialmente inaugurata il 13 novembre in una cerimonia cui partecipò l'allora Presidente della Repubblica Giovanni Gronchi. Il calcolatore rimase operativo per circa sette anni e fu soggetto a successive estensioni.

La CEP era una macchina notevole. Osservatori incaricati di valutare i potenziali concorrenti della ricerca e dell'industria statunitensi [Blachman, 1961; Auerbach, 1961] non mancarono di riconoscere le interessanti caratteristiche della CEP, fra le quali la micro-programmabilità, il meccanismo di modifica delle istruzioni per il passaggio dei parametri ai sottoprogrammi, la velocità di calcolo.

Tuttavia, quando la CEP fu completata, il mondo dell'informatica era radicalmente cambiato rispetto agli anni in cui l'impresa era stata concepita. La tecnologia a valvole termoioniche su cui era quasi completamente basata la CEP era stata ormai soppiantata dai **transistor**. Ma, soprattutto, stava mutando il modo di usare i calcolatori. Ai Bell Labs nel 1961 sperimentavano la sintesi vocale facendo intonare "Daisy Bell" a un IBM 7090, la canzone che, spegnendosi, sussurrerà qualche anno dopo il calcolatore più famoso della storia del cinema. Al MIT, sul Lincoln TX-2, che già nel 1958 era completamente realizzato a transistor, si lavorava sulle prime **interfacce utente interattive**. Il PDP-1, derivato commerciale del TX-2, nel 1960 era venduto con terminale video ad alta risoluzione (1024x1024) e puntatore ottico, pronto per essere utilizzato (sempre dai

ricercatori del MIT) per programmare **Spacewar**, il primo videogioco grafico e interattivo della storia [Lowood, 2009].

Anche in Italia le cose erano cambiate. Nel 1961 erano già installati oltre una ventina di calcolatori, un certo numero dei quali di produzione nazionale. Infatti, Olivetti era già avanti a raccogliere i frutti dei suoi investimenti pisani: insieme al 9003 aveva a listino ELEA 6001, un calcolatore adatto anche al calcolo scientifico e già ordinato dall'Università di Padova e dal Politecnico di Torino. Entrambi i modelli ELEA erano inoltre completamente realizzati utilizzando i transistor. Ma il cambiamento culturalmente più rilevante è indicato dal **Compasso d'Oro** per il design industriale vinto dall'ELEA 9003, "vestito" da Ettore Sottsass. In pochi anni il calcolatore, da oggetto di ricerca, era diventato un prodotto commerciale e un componente dell'arredamento aziendale.

Il progetto CEP aveva però dato lo spunto alla nascita dell'informatica italiana, sia scientifica che industriale, quest'ultima particolarmente ben rappresentata dai successi della Olivetti. Soprattutto, aveva permesso di raccogliere a Pisa quel concentrato di competenze e di risorse umane che nell'anno accademico 1969/70 si concretizzò nell'istituzione del **Corso di Laurea in Scienze dell'Informazione**, allora unico in Italia e fra i primi in Europa.

### 3. Il primato della Macchina Ridotta

La ricerca di archivio ha permesso di gettare nuova luce sui primi anni del progetto pisano, i cui fatti salienti sono riassunti in questa sezione. Prima della CEP completata nel 1961, il CSCE aveva già realizzato un calcolatore più piccolo, battezzato Macchina Ridotta (MR), il cui primo progetto dettagliato fu redatto nel luglio 1956. La MR fu completata nel luglio dell'anno successivo e nei primi mesi del 1958 iniziò a essere utilizzata a servizio della ricerca in vari campi. Diverse sono le testimonianze sull'uso della MR per fini esterni al progetto CEP. Il primo servizio di calcolo venne richiesto dall'Istituto di Mineralogia dell'Università di Pisa e fu completato nell'aprile 1958. Altri impieghi sono riportati dagli articoli pubblicati su *Il Nuovo Cimento*, rivista della Società Italiana di Fisica [Fabri e Guerri, 1959]. In un caso in particolare [Abate e Fabri, 1959] fu usato calcolo simbolico per ottenere il risultato come un'espressione esatta invece che come un valore approssimato, come all'epoca era normale fare. È una testimonianza della versatilità della MR e di come fu usata anche per muovere i primi passi nello sviluppo di nuove tecniche di programmazione.

Al di là del primato cronologico, il consistente uso per la ricerca rende difficile definire la MR un "semplice" prototipo. Ma ancora più interessante è il confronto della MR con altre macchine del suo periodo. A differenza della CEP del 1961, che rispetto ai calcolatori contemporanei accusava il ritardo e le difficoltà economiche degli ultimi anni del progetto CEP, la MR del 1957 si rivela un risultato estremamente interessante. Dal punto di vista tecnologico, adottò soluzioni allo stato dell'arte che non era facile trovare presenti, contemporaneamente, sulle macchine del suo tempo:

- ⤴ **elaborazione parallela dei bit**; ai tempi della MR la maggior parte delle macchine erano “seriali”, ovvero, i bit della parola erano elaborati uno alla volta; la MR è invece una macchina “parallela”, cioè capace, come i calcolatori di oggi, di elaborare insieme tutti i bit di una parola;
- ⤴ **memoria a nuclei di ferrite**; sui calcolatori coevi della MR erano ancora adottate diverse tecnologie di memoria, dai tamburi magnetici, alle linee di ritardo acustiche, ai tubi Williams; i ricercatori del CSCE, puntando sui nuclei di ferrite, scelsero una tecnologia nuova, emergente proprio in quegli anni ma destinata a dominare per un paio di decenni;
- ⤴ **controllo microprogrammato**; è riconosciuto come un risultato originale dell’EDSAC 2 inglese, tuttavia, quasi contemporaneamente, la MR adottava una soluzione che, benché semplificata dal ridotto numero di istruzioni, la pone a pieno titolo fra le prime macchine microprogrammabili della storia.

Per avere un’idea della peculiarità della MR è sufficiente dire che nessuna delle tre soluzioni era presente sugli altri due calcolatori che al tempo esistevano in Italia. Erano macchine di produzione estera: il **CRC102** americano del Politecnico di Milano e il **Ferranti MK1** inglese dell’Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo di Roma. Queste macchine, poiché geograficamente vicine e funzionanti in strutture di ricerca pubbliche, avrebbero potuto essere facilmente studiate e prese a modello dai ricercatori del CSCE. Furono invece intraprese, non senza un certo rischio, strade nuove che in pochissimo tempo produssero un risultato d’eccellenza.

Anche sul piano delle prestazioni la MR era una macchina di tutto rispetto. In confronto alle stime di progetto, grazie a un’accurata messa a punto venne abbassato del 30% il tempo di esecuzione delle istruzioni della MR ottenendo prestazioni che, nelle parole di Conversi, la rendevano “superiore a tutte le macchine esistenti sul mercato, ivi compresa la IBM che si trova a Parigi” [Verbale del 16 aprile 1958]. Il riferimento è all’IBM 704 che nel 1957 era stato installato nella sede francese dell’IBM e che, in quegli anni, era ritenuto il calcolatore più potente d’Europa (e largamente pubblicizzato come tale). Da hacker imparziali bisogna rilevare che il “superiore” di Conversi riguarda solo la velocità di macchina: il 704 aveva molta più memoria, periferiche più flessibili e, soprattutto, era dotato di un compilatore Fortran. Battere il 704 sul *benchmark* più schietto fu comunque un risultato notevole.

Infine, la MR fu la macchina su cui furono tenute le prime attività didattiche di informatica a Pisa. Già nel 1956 Elio Fabri teneva ai laureandi di Ingegneria un corso di Introduzione alla Programmazione di una Calcolatrice Elettronica nel quale la sua esperienza di progettista della MR era immediatamente usata a beneficio del trasferimento della conoscenza. Inoltre, nel 1958 l’Istituto Nazionale di Fisica Nucleare distaccò presso il CSCE quattro ricercatori dalle sedi di Milano, Padova, Pisa e Roma per imparare a usare la MR che in quel momento era la macchina sicuramente più avanzata presente in Italia.

## 4. La riscoperta di una macchina dimenticata

Può stupire che il primato cronologico e tecnologico della MR negli anni sia stato dimenticato da chi, in vari momenti, ha lavorato alla storia del progetto CEP. La MR sparisce del tutto in lavori anche recenti [Paladini, 2009] o gli viene dedicato lo spazio di poche righe [De Marco et al, 1999]. In ogni caso nessuno aveva finora sottolineato il valore che la realizzazione della MR ebbe nel contesto tecnologico del suo tempo. I motivi di questo oblio sono diversi:

- ▲ fra i quattro progettisti della MR, solo Caracciolo rimarrà al CSCE per un certo tempo, e comunque solo fino ai primi anni Settanta; già nel 1959 Fabri tornò ad occuparsi del suo principale ambito di ricerca, l'astrofisica; poco dopo Sibani rientrò in Olivetti e così farà Cecchini nel 1961;
- ▲ non ci fu nessuna inaugurazione o presentazione ufficiale della MR, che fu completata e utilizzata in un periodo di contrasti fra Università e Governo; per protesta, a Pisa, non si tenne la tradizionale cerimonia di inaugurazione dell'anno accademico 1957/58;
- ▲ della MR non rimase nessuna traccia fisica, fu completamente smontata per riutilizzare le componenti nella costruzione della CEP definitiva;
- ▲ nel piano presentato dal CSCE al CIU, come obiettivo per il biennio 1956/57, non si parla di una prima macchina, ma del "nucleo centrale della macchina, ossia dell'intera macchina esclusi gli organi ausiliari: tamburo magnetico e sistemi veloci di entrata e uscita".

Fra tutti i motivi che hanno concorso alla perdita della memoria della MR, forse il più determinante è proprio la dichiarazione della MR come "nucleo centrale" della macchina definitiva. Interpretando la MR come una parte incompleta della CEP definitiva è naturale sottovalutarne l'importanza.

In realtà la MR fu una macchina diversa e pochissimo di essa migrò nella macchina definitiva. Anche la memoria, uno dei componenti forse più facili da riusare con poche modifiche, fu riprogettata completamente: i 18 piani 32x32 della MR diventeranno 18 piani 64x64, e i nuclei di ferrite saranno sicuramente stati recuperati, ma uno per uno in un'architettura di memoria diversa (nella quale cambiò anche la logica dell'indirizzamento). E questo è solamente l'esempio più evidente: dal controllo microprogrammato all'elettronica dell'addizionatore, le differenze fra la MR e la CEP definitiva sono numerose e notevoli.

Alcuni autori, ricostruendo la storia del progetto CEP, hanno citato la MR con maggiori dettagli [Maestrini, 2006; Andronico, 2007; Mancino e Sprugnoli, 2011], ma invece di descrivere la macchina effettivamente realizzata hanno descritto la MR del primo progetto del 1956. È il progetto di cui negli archivi si trova più documentazione, ma è solo la prima stesura: descrive una macchina più semplice, sostanzialmente diversa e meno interessante di quella poi realizzata.

Si sono così dimenticate alcune soluzioni notevoli e probabilmente originali, come la gestione delle periferiche, il **boot** del software di sistema con una tecnica che oggi diremmo **direct memory access**, il meccanismo di definizione di **hot breakpoint** per il **debugging** dei programmi, i miglioramenti sul fronte della usabilità che si riflettono nell'organizzazione del quadro di comando ma-

nuale e nella visualizzazione di **feedback** sulla memoria e sul valore del contatore di programma.

Ma soprattutto è stato ignorato il notevole lavoro di studio e maturazione svolto dai ricercatori del CSCE fra la prima e l'ultima versione del progetto della MR. Un processo che testimonia l'importanza di quella macchina nella vicenda CEP e in generale nella formazione dei primi informatici italiani. Un intero capitolo della storia della CEP che è stato recuperato grazie all'accurata ricerca della documentazione e, in particolare, grazie all'approfondita analisi tecnica che ha fatto emergere le differenze fra le varie versioni di progetto e ha permesso di comprenderne la rilevanza. O, in altre parole, perché, per la prima volta, la storia della CEP è stata affrontata dal progetto HMR con un metodo basato sulla puntigliosa esigenza di comprendere. Un'attitudine che dovrebbe essere parte della formazione dei futuri informatici.

## 5. Le ricostruzioni, virtuali e non

Un calcolatore non può essere esibito come una scatola immobile. Bisogna poterlo vedere in funzione, altrimenti si osservano dei reperti senz'anima, che si possono apprezzare solo come oggetti di design. Un calcolatore acceso è, fra l'altro, l'unico modo per apprezzare il lato **software** dell'informatica.

Ci sono diverse strade per riportare in vita una macchina d'epoca: il restauro, la ricostruzione, la simulazione. Qualunque sia la via percorsa è sempre una sfida. L'informatica corre veloce, e prima di diventare "antichi", i calcolatori diventano "roba vecchia", così che le notizie, la documentazione, le pratiche d'uso si dimenticano e si perdono. Ricostruire questo insieme di informazioni a distanza di tempo richiede grande lavoro e spesso si scontra con lacune irreparabili. Sono le situazioni nelle quali si devono applicare all'informatica i metodi dell'**archeologia sperimentale**. Sulla base dei frammenti di informazioni recuperate si formulano delle ipotesi compatibili con le conoscenze di allora; le ipotesi sono sperimentate e i risultati sono valutati incrociandoli con altre informazioni note e, quando possibile, con i ricordi dei testimoni.

Con queste motivazioni e questi metodi il progetto HMR ha affrontato la ricostruzione delle prime macchine del progetto CEP, sia come simulatori software sia, per alcune parti rilevanti della MR, come repliche hardware.

**Simulatore della MR del '56.** Il primo progetto della MR risale al luglio del 1956. Questo progetto, corredato di una ricca collezione di disegni logici, elettronici e meccanici, dopo un lungo lavoro di ricerca, riordino e comprensione dei numerosi documenti, è stato recuperato in forma praticamente completa. Per la disponibilità di informazioni la MR56 è stata la prima ricostruzione su cui il progetto HMR si è cimentato. A parte la sfida da appassionati di tecnologie, la ricostruzione è utile per valutare "dal vivo" quanto realizzabile fosse il primo progetto della MR e come sia maturato fino alla realizzazione della versione del 1957. La realizzazione del simulatore ha permesso il "restauro" del software di sistema [Cignoni et al, 2009]. I sottoprogrammi di sistema della MR sono giunti

a noi solo nelle primissime versioni, redatte prima della realizzazione della macchina e quindi non verificate. Per renderli funzionanti è stato necessario correggere un consistente numero di sviste ed errori, ovviamente intervenendo coerentemente con le conoscenze algoritmiche dell'epoca.

**Simulatore della MR del '57.** La MR fu completata nel luglio 1957 e per buona parte del 1958 fu utilizzata per il calcolo a servizio di altri progetti di ricerca. Rispetto al primo progetto del 1956, la MR57 introduceva molte modifiche. Le più evidenti riguardano la più ricca dotazione di periferiche di ingresso/uscita e la riprogettazione del quadro di controllo, entrambe basate su sostanziali differenze nell'architettura interna della macchina. Introduce anche alcune soluzioni originali per il caricamento del software di sistema all'accensione e per il supporto a *breakpoint* nell'esecuzione dei programmi. A dispetto del fatto che questa fu la MR realizzata, la documentazione che ci è giunta è purtroppo assai lacunosa. A oggi, la definizione delle specifiche della macchina e delle sue periferiche, necessaria per realizzare il simulatore, è la sfida più appassionante (e impegnativa) in cui è coinvolto il progetto HMR. È stato completato il simulatore della macchina e del pannello di controllo manuale, mentre è ancora in corso la realizzazione dei simulatori delle periferiche connesse: telescriventi e perforatori e lettori di nastro.

**Primo addizionale a 6 bit.** Nella relazione sulle attività del CSCE a luglio 1956, sono descritti i primi importanti risultati intermedi del progetto CEP, in gran parte esperimenti e realizzazioni di componenti mirati a dimostrare la fattibilità dell'impresa. Fra questi, il più rilevante fu un addizionale a 6 bit "provato con risultati pienamente soddisfacenti". L'addizionale fu anche il banco di prova per "i criteri generali di montaggio e la progettazione meccanica dettagliata di uno chassis standard" [Relazione al 31 luglio 1956]. In collaborazione con la Fondazione Museo del Computer di Novara e, per le realizzazioni meccaniche, con la sede di Pisa dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e con il Dipartimento di Fisica, è stata realizzata una replica dell'addizionale a 6 bit. La replica, sulla base della documentazione che ci è giunta, è fedele per quanto riguarda la parte dell'addizionale vero e proprio. Dell'interfaccia di controllo necessaria per utilizzare l'addizionale non esiste documentazione dell'epoca; con ogni probabilità le prove furono fatte con collegamenti volanti. Tuttavia, per mostrare la replica funzionante, un'interfaccia è stata realizzata basandosi sulle soluzioni che furono adottate per il quadro di controllo della MR.

**Addizionale didattico componibile.** L'addizionale a 6 bit del 1956 e, successivamente, quello a 18 bit della MR, per circoscrivere i guasti, avevano una struttura modulare: la somma di ogni bit veniva realizzata da due circuiti, uno per la somma e uno per il calcolo del riporto. Quest'impostazione, oltre a essere stata replicata fedelmente nella ricostruzione, è stata riprodotta in una serie di moduli più maneggevoli, facilmente componibili e dedicati alla sperimentazione a scopo didattico. In collaborazione con la Fondazione Museo del Computer di Novara, i moduli sono stati realizzati con componenti moderni, di facile reperibilità, costi contenuti e adeguati margini di sicurezza per le tensioni di lavoro: questa versione dell'addizionale può essere tranquillamente mon-

tata e smontata per giocare con reti logiche e aritmetica binaria. Se ne prevede una ulteriore ingegnerizzazione per renderne possibile la realizzazione in serie come strumento didattico per le scuole.

## 6. I laboratori

Le macchine del passato, riprodotte in replica o ricostruite virtualmente tramite simulatori, sono strumenti affascinanti per apprezzare e comprendere le tecnologie hardware e software. La loro (relativa) semplicità permette di illustrare tutto quello che avviene in un calcolatore. I concetti e i meccanismi sono gli stessi delle macchine moderne, ma la scala ridotta rende accessibili i dettagli: ci si può davvero convincere di come e perchè funzionano i calcolatori.

Insieme alla mostra che documenta la riscoperta della MR, il progetto HMR propone alle scuole medie e superiori laboratori didattici per illustrare le basi dell'informatica su esempi pratici, veri e protagonisti della nostra storia.

**Una sessione sulla MR56.** Utilizzando il simulatore della MR del 1956 si svela cosa succede in un calcolatore quando un programma viene lanciato. A parte qualche differenza nelle tecnologie e nella praticità d'uso, la MR e un moderno PC si comportano nello stesso modo: quello che, oggi, è nascosto in un doppio click, sulla MR si vede e si segue in ogni passo.

**L'addizionatore della MR.** Il primo "pezzo" della CEP fu un addizionatore a 6 bit realizzato per dimostrare la fattibilità dell'impresa. La replica fedele dell'addizionatore e la sua versione "giocabile" permettono di spiegare molte cose del "dentro" dei calcolatori: dall'algebra booleana all'aritmetica binaria, dalle reti logiche alla frequenza di *clock*.

**Una sessione sulla MR57.** La MR del 1957 offriva diversi miglioramenti nella gestione dei dispositivi di ingresso/uscita e di controllo. Una sessione sul simulatore della MR57 permette di valutare quanto siano importanti l'interfaccia di controllo di un calcolatore e l'interazione con l'utente, di capire cos'è un sistema operativo e come viene caricato all'accensione del calcolatore.

**Programmare la MR57.** Per programmare oggi sono disponibili molti linguaggi, spesso assai sofisticati. Ogni programma però, per essere eseguito, deve essere tradotto nel linguaggio direttamente comprensibile dalla macchina. Con la MR possiamo (dobbiamo) scrivere programmi al livello più basso di interpretazione. È laborioso, ma è anche una sfida istruttiva.

I laboratori di HMR, nell'ordine in cui sono stati presentati, costituiscono un percorso di apprendimento di difficoltà crescente. Sono stati proposti alle scuole insieme alla visita della Mostra "La CEP prima della CEP". Il "pacchetto base" tipico offerto a una scuola in visita alla Mostra comprende tre momenti:

- ▲ un'introduzione generale all'informatica e alla storia del progetto CEP;
- ▲ il percorso dalla Macchina Ridotta del 1956-58 alla CEP del 1961-67;
- ▲ una sessione d'uso sul simulatore della MR del 1956.

Ogni momento prende circa 45 minuti permettendo le pause necessarie per domande e approfondimenti, o solo per ristabilire i livelli di attenzione dei più

giovani. I primi due momenti, costruiti come percorsi a tappe, si appoggiano sul materiale della Mostra: la documentazione esposta, i cimeli, i pannelli esplicativi. Il terzo è un laboratorio organizzato, che offre la possibilità a tutti i ragazzi di seguire la sessione d'uso della MR su un schermo gigante e, a piccoli gruppi, di interagire direttamente con il simulatore installato su alcune postazioni di lavoro.

Complessivamente, è un'offerta che consente alle classi di sfruttare in pieno la tradizionale mezza giornata di un'uscita o una gita. Alle classi che riescono a organizzare una seconda uscita sono proposti ulteriori attività, scelte fra gli altri laboratori di HMR o fra altre attività divulgative, sempre costruite sulle formula dei 45 minuti, e basate sulle macchine esposte nelle sale del Museo condivise con la Mostra. Sebbene non appartenenti al percorso espositivo, si sono dimostrate spunti eccellenti per scoprire curiosità, concetti e meccanismi alla base dell'informatica.

## **7. Conclusioni**

Unica nel suo genere in Italia, l'esperienza dei laboratori HMR è iniziata a dicembre 2011 ed è in corso. In questo primo periodo, il successo della mostra e dei laboratori è più che soddisfacente nonostante la limitata disponibilità di personale abbia permesso di "aprire" solo 4 mezze giornate per settimana.

Il "pacchetto base" è stato presentato a 26 classi, per un totale di circa 600 ragazzi. Altre 18 classi, circa 450 ragazzi, hanno chiesto laboratori aggiuntivi o percorsi più impegnativi. Le presenze arrivano principalmente dalla provincia di Pisa (45%), ma la percentuale dei gruppi provenienti da fuori della Toscana è stata significativa (circa il 20%). La partecipazione è principalmente di scuole superiori, licei scientifici e istituti tecnici in particolare. Le classi che hanno organizzato più di una visita, aggiungendo al pacchetto base ulteriori laboratori, sono una piccola minoranza. Sono infatti ovvie le difficoltà di organizzare più di un'uscita per una classe su un medesimo tema in un così breve spazio di tempo. Ma l'offerta di molteplici laboratori, più che ad una immediata fruizione, è mirata a far conoscere una disponibilità che, si auspica, troverà naturale compimento in un rapporto con le scuole costante e duraturo realizzato su tempi che comprendono ritorni delle classi programmati in anni scolastici successivi, in accordo ai programmi didattici seguiti dagli insegnanti.

Il materiale utilizzato nei laboratori, inclusi i simulatori, gli esempi di programmazione e gli strumenti di sviluppo, sono disponibili sulle pagine web di HMR. I laboratori, a cui i ragazzi partecipano nel contesto (in genere disteso e bene accetto) di un'uscita o di una gita, sono il punto di partenza di un'attività didattica che i docenti possono continuare in aula.

## **8. Ringraziamenti**

L'allestimento della mostra "La CEP prima della CEP" e l'organizzazione dei laboratori didattici associati sono stati realizzati grazie al contributo della Fon-

dazione Cassa di Risparmio di Pisa, della Fondazione Cassa di Risparmio di Lucca e dell'Associazione Italiana per l'Informatica e il Calcolo Automatico.

Per le ricerche storiche il progetto HMR ha potuto contare sulla collaborazione della Biblioteca dell'ISTI-CNR e dell'Archivio dell'Università di Pisa. A questo proposito un ringraziamento particolare va a Daniele Ronco.

Per la ricostruzione delle tecnologie della Macchina Ridotta inestimabile è stato il contributo di un protagonista dei fatti: Elio Fabri.

## 9. Riferimenti

Abate E., Fabri E., Use of an Electronic Computer for the Construction of Exact Eigenfunctions of Orbital Angular Momentum in L-S Coupling, in *Il Nuovo Cimento*, 10, 14, 1959.

Andronico A., Quando il computer parlava italiano: la nascita dell'informatica a Pisa negli anni '50, in *Pianeta Galileo*, Regione Toscana, 2007.

Auerbach I.L., European Electronic Data Processing – A Report on the Industry and the State of the Art, in *Proceedings of the IRE*, 49, 1961.

Barbiellini Amidei F., Goldstein A., Spadoni E M., European Acquisitions in the United States: Re-examining Olivetti-Underwood Fifty Years Later , *Quaderni di Storia Economica* n. 2, Banca d'Italia, 2010.

Blachman N.M., The State of Digital Computer Technology in Europe, in *Communications of the ACM*, 6, 6, 1961.

CEP50, La CEP prima della CEP: mostra di storie e di tecnologie, pagina web della mostra e delle iniziative collegate, [cep50.di.unipi.it](http://cep50.di.unipi.it).

Cignoni G.A., Ceccarelli D., Imbrenda C., Il "restauro" del software di sistema della Macchina Ridotta del 1956, in *Atti del Congresso Nazionale AICA*, 2009.

Collezione CSCE, Biblioteca ISTI-CNR, pagina web del progetto, [csce.isti.cnr.it](http://csce.isti.cnr.it).

De Marco G., Mainetto G. , Pisani S., Savino P., The Early Computers of Italy, *IEEE Annals of the History of Computing*, 21, 4, 1999.

Didamatica 2010, Il simulatore della Macchina di Pisa e gli aspetti storici dell'informatica, workshop coordinato da S. Tucci, 2010.

Fabri E., Guerri L., Impiego della «macchina ridotta» del CSCE di Pisa nella soluzione di alcuni problemi, in *Il Nuovo Cimento*, 10, 2, 1959.

Guerraggio A., Mattaliano M., Nastasi P. (a cura di), La "lunga marcia" di Mauro Picone, *Quaderni PRISTEM*, Università Bocconi, 2010.

HMR, Hackerando la Macchina Ridotta, pagina web del progetto, [hmr.di.unipi.it](http://hmr.di.unipi.it).

Levy, S., Hackers. Gli eroi della rivoluzione informatica, Shake, 2002.

Lowood H., Videogames in Computer Space: The Complex History of Pong, in *IEEE Annals of the History of Computing*, 31, 3, 2009.

Maestrini P., La Calcolatrice Elettronica Pisana, una storia che sembra una leggenda, in *La nascita dell'informatica in Italia*, Polipress, 2006.

Mancino O.G., Sprugnoli R., CEP La Calcolatrice Elettronica Pisana Scenario, storia, realizzazione, eredità, Edizioni Plus, 2011.

Paladini T., L'avventura pisana nell'indagine storiografica delle carte d'archivio, in *La CEP: storia scienza e umanità dell'avventura informatica pisana*, Felici Editore, 2009.

Relazione sulle attività del CSCE al 31 luglio 1956, *Archivio dell'Università di Pisa*.

Verbale della riunione del Comitato Interprovinciale Universitario del 4 ottobre 1954, *Archivio dell'Università di Pisa*.

Verbale della riunione della Commissione Consultiva del CSCE del 16 aprile 1958,  
Archivio dell'Università di Pisa.