

AICA

DIDAttica inforMATICa

"Se ascolto dimentico, se vedo ricordo, se faccio capisco"

27^a DIDAMATICA 2013
**Tecnologie e Metodi
per la Didattica
del Futuro**

ATTI

Pisa, 7-8-9 Maggio 2013
Area della Ricerca CNR



Organizzato da



AICA



Scuola Superiore
Sant'Anna



Consiglio
Nazionale delle
Ricerche



Istituto di
Informatica
e Telematica



ISTITUTO DI SCIENZA E TECNOLOGIE
DELL'INFORMAZIONE "A. FAEDO"

In collaborazione con



MINISTERO DELL'ISTRUZIONE DELL'UNIVERSITA' E DELLA RICERCA

Atti del Convegno Didamatica 2013

978-88-98091-10-2

Calcolatori d'epoca per la didattica dell'Informatica 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

Occuparsi di storia dell'informatica implica un lavoro di "archeologia sperimentale" nel quale la ricostruzione hardware e software delle macchine del passato procede anche per ipotesi ed esperimenti. Il progetto HMR ha come scopo principale lo studio delle calcolatrici pisane degli anni '50 e '60: i risultati ricostruttivi sono resi fruibili attraverso esposizioni e laboratori tenuti al Museo degli Strumenti per il Calcolo di Pisa, permettendo al pubblico e in special modo ai ragazzi di avvicinarsi in maniera semplice ai concetti di base dell'informatica. L'articolo passa in rassegna alcuni risultati del progetto HMR e illustra le più significative fra le "grandi" macchine storiche conservate o ricostruite al Museo e usate per raccontare e spiegare l'informatica.

1. Introduzione

L'informatica, anagraficamente, è ancora giovane. Tuttavia, per la rapida evoluzione delle tecnologie, già occorre impegno sia per mantenere memoria degli scienziati e dei loro risultati, sia per conservare i cimeli hardware e software che, in pochi anni, diventano obsoleti e rischiano di andare perduti. A buon diritto, l'Informatica merita di avere una propria Storia.

Per le peculiarità del soggetto di studio, la storia dell'informatica può essere utilizzata per avvicinare gli studenti alle discipline tecnologiche. Il fascino dei calcolatori d'epoca è in grado di generare curiosità sul funzionamento delle macchine e dei programmi, e rappresenta una buona leva per stimolare i ragazzi a investire nello studio dell'informatica e dell'elettronica. O, almeno, a fornire loro le basi per essere utenti e consumatori consapevoli delle tecnologie.

Insegnare l'informatica, a tutti i livelli, richiede esempi. Ma se l'hardware e il software di oggi sono troppo complessi, l'informatica del passato ci offre invece esempi veri, intriganti, ma a dimensione umana e comprensibili fino in fondo.

L'articolo propone l'esperienza di una *joint-venture* fra ricerca e divulgazione. Da una parte, il progetto *Hackerando la Macchina Ridotta* (HMR) del Dipartimento di Informatica dell'Università di Pisa da anni investiga le origini dell'informatica italiana con metodi e tecniche che privilegiano gli aspetti tecnologici della materia. Dall'altra, il *Museo degli Strumenti per il Calcolo* dello stesso Ateneo mette a disposizione i pezzi, spesso unici, delle sue collezioni.

In Sezione 2 è brevemente descritto il progetto HMR, come metodi e come risultati conseguiti. Sezione 3 è dedicata ad alcune delle macchine appartenenti alla collezione del Museo descrivendo come, durante le visite guidate, sono raccontate e illustrate per spiegare, oltre alla loro storia, i meccanismi con cui funzionano i calcolatori. In Sezione 4 sono descritte le ricostruzioni realizzate da HMR e in particolare il simulatore della Macchina Ridotta, cioè del primo calcolatore progettato e costruito in Italia. Anche in questo caso, la presentazione è focalizzata sull'uso nei laboratori didattici proposti alle scuole dal Museo.

2. Il progetto HMR

HMR [HMR, 2013] è un progetto di ricerca per il recupero delle storie e delle tecnologie dei primi calcolatori, soprattutto di quelli italiani. HMR ha obiettivi sia prettamente storici che informatici: da un lato cerca di documentare gli avvenimenti che hanno accompagnato lo sviluppo dei primi calcolatori; dall'altro vuole far rivivere le tecnologie d'epoca attraverso simulazioni e repliche.

Applicando alla storia dell'informatica i metodi dell'*archeologia sperimentale* [Cignoni e Gadducci, 2012a], HMR usa la simulazione software per studiare i calcolatori del passato. A oggi, il risultato più importante del progetto è la riscoperta della *Macchina Ridotta* (MR), il primo calcolatore realizzato in Italia nel 1957, a Pisa, e usato per il calcolo scientifico nel 1958. La MR era scomparsa dalla storia [Cignoni e Gadducci, 2012b], dimenticata dopo che fu smantellata per riutilizzare i materiali nella costruzione del secondo calcolatore pisano, la CEP completata nel 1961.

Ricostruendo la MR tramite simulatori se ne sono riscoperti i dettagli e se ne è compresa l'importanza, sia nell'ambito del progetto CEP, sia in assoluto come macchina che, per tecnologie e prestazioni, ben figurava nello scenario dell'informatica mondiale del suo tempo. Di fatto, è stato aggiunto un capitolo del tutto nuovo alla storia dell'informatica italiana.

I metodi e gli strumenti di simulazione [Cignoni e Paci, 2012] usati dal progetto HMR sono gli stessi insegnati nel Corso di Simulazione tenuto al *Corso di Laurea in Informatica Applicata*, sviluppati con la collaborazione di tesi e tirocini di laurea e utilizzati anche in altri contesti [Cignoni e Gervasi, 2011].

Il riferimento alla cultura *hacker* [Levy, 2002] nel nome del progetto ricorda che, per ricostruire e raccontare le macchine, del passato è fondamentale comprendere a fondo la loro tecnologia. Non è concesso accontentarsi di una conoscenza superficiale: occorre esplorare con appassionato impegno tutti i dettagli. Proprio come recitano le definizioni di hacker secondo il Jargon File [Jargon, 2013] o l'Internet Glossary RFC 1392 [RFC 1392, 2013].

La MR e il progetto CEP rimangono gli obiettivi principali di HMR: c'è ancora molto da scoprire e ricostruire. Tuttavia non mancano escursioni in altri campi, come, per esempio, la storia dei primi calcolatori Olivetti e l'evoluzione del calcolo personale dai primi aritmometri dell'800 ai portatili di oggi.

3. I calcolatori al Museo

Il Museo degli Strumenti per il Calcolo dell'Università di Pisa [MSC, 2013], nel corso del tempo, fra salvataggi, recuperi, donazioni e acquisizioni, ha raccolto una collezione eccezionale. Fra i pezzi di maggior pregio, alcuni unici, ci sono la

CEP del 1961, il 9104 dell'Istituto per le Applicazioni del Calcolo di Roma, i prodotti Olivetti che, nei primi anni Sessanta, tentavano la conquista del mercato dei calcolatori, le macchine che, a partire dagli aritmometri del 1800, hanno fatto la storia dei calcolatori personali.

HMR collabora con il Museo per raccontare l'informatica e la sua storia da una prospettiva rigorosamente scientifica. I calcolatori del passato, esplorati come cimeli e ricostruiti, in solido o virtualmente, sono protagonisti di un'offerta didattica e divulgativa unica in Italia. Nel seguito sono descritti i più significativi fra quei pezzi che, nell'ambito delle visite guidate al Museo, sono usati come esempi per raccontare storie e tecnologie dell'informatica.

Le informazioni, soprattutto per quanto riguarda le macchine italiane, sono state raccolte in base a un'accurata ricerca documentale e bibliografica, basata quanto più possibile su fonti di prima mano. Per la CEP il riferimento principale è la documentazione tecnica originale conservata agli Archivi dell'Università e presso la Biblioteca dell'ISTI-CNR, ma sono anche utili i rapporti di analisti stranieri come [Auerbach 1961] e [Blachman, 1961]. Per i calcolatori Olivetti, la letteratura recente è spesso basata su ricordi personali [Filippazzi, 2006] o interessata a ricostruire più le vicende aziendali che la tecnologia delle macchine [Parolini, 2008], [Rao, 2008]. Informazioni tecniche più affidabili si trovano invece nei rapporti realizzati da osservatori stranieri, come le schede degli ELEA 9003 [DCN, 1960] e 6001 [DCN, 1961] realizzate dalla US Navy, o i carteggi fra Canepa (responsabile dell'Osservatorio Olivetti di New Canaan) e Picone (direttore dell'INAC di Roma) raccolti in [Guerraggio et al, 2010].

3.1. Bull Gamma 3

Il Gamma 3 della francese Bull fu costruito a partire dal 1952 [Leclerc, 1990]. È uno dei primi esempi di macchine elettroniche commerciali europee, rilevante per la storia dell'informatica francese, ma anche per quella italiana: l'ingresso di Olivetti in questo settore è infatti segnato da un accordo siglato nel 1949 per la distribuzione in Italia dei prodotti Bull.

La Bull dal 1931 realizzava tabulatrici elettromeccaniche basate sui brevetti del norvegese Fredrik Rosing Bull. Il Gamma 2 del 1951 fu la prima macchina ad adottare anche circuiti elettronici con diodi e valvole termoioniche. Il Gamma 3 ne fu un immediato sviluppo e, in varie versioni, fu prodotto in circa 100 esemplari fino a inizi anni Sessanta. Il Gamma 3 del Museo è uno dei primi modelli.

Il Gamma 3 è proposto ai visitatori come esempio di macchina ad architettura con memorie separate (in termini tecnici *Harward* e non *Von Neumann*), di fatto non un calcolatore moderno. La memoria dei programmi era infatti costituita da una massiccia *plugboard* e il software era in realtà hardware fatto di cavetti e spinotti inseriti nella *plugboard*. L'operazione, particolarmente complessa, di codificare un programma non era per fortuna frequente: i programmi precodificati erano "caricati" cambiando direttamente la *plugboard*. Nel mostrare i dettagli di questa operazione ai visitatori più intraprendenti è offerta la possibilità di verificare cosa significava al tempo caricare un programma pesante.

Il Gamma 3 è un ottimo testimone di altri aspetti dell'informatica, antica e attuale. È una macchina a schede perforate: un mezzo di memorizzazione dati utilizzato per decenni. È inoltre una dimostrazione di come il mercato è a volte indipendente dal livello tecnologico del prodotto: il Gamma 3 ebbe successo no-

nostante fosse una macchina nata sorpassata, per le già citate caratteristiche architettoniche e di programmazione “hardware”, ma anche per la realizzazione che comprendeva sia circuiti elettronici sia molti circuiti elettromeccanici a relé.

3.2. Olivetti ELEA 6001

Il primo calcolatore elettronico prodotto da Olivetti è ELEA 9003. Alla fiera di Milano del 1959 fu presentato il secondo prototipo della serie ELEA, il 9002, e fu annunciata la produzione commerciale del 9003. I primi esemplari furono poi consegnati nel corso del 1960. ELEA 6001 seguì di un anno. Nonostante non abbia la palma del primato, a un esame attento si rivela una macchina altrettanto interessante per la storia dell'informatica italiana.

Di fatto il 6001 era un'evoluzione del 9003 pensata per rendere il sistema più modulare e versatile, capace di soddisfare clienti diversi sia per capacità di investimento che per esigenze applicative. Condivideva con il 9003 la medesima architettura generale e l'insieme di periferiche. Del 9003 conservava anche il raffinato design esterno curato da Ettore Sottsass e premiato con il Compasso d'Oro. Dal punto di vista tecnologico introduceva il controllo microprogrammato e l'aritmetica in virgola mobile. Con queste caratteristiche ebbe un ottimo successo di mercato (circa 150 unità vendute, contro i circa 40 del 9003) conquistando anche la clientela scientifica (fu ordinato per esempio dall'Università di Padova, dal Politecnico di Torino e dal CNR di Roma).

Nel percorso storico-tecnologico del Museo, il 6001 è proposto al visitatore come coronamento della studiata – e impressionante – successione di investimenti in ricerca e sviluppo che permise a Olivetti di realizzare una Divisione Elettronica in pochi anni e partendo in ritardo rispetto alla concorrenza.

3.3. Calcolatrice Elettronica Pisana del 1961

La CEP del 1961, il secondo calcolatore costruito dall'Università di Pisa, è conservata al Museo pressoché completa. A parte il valore storico del cimelio, la sua dimensione e la disposizione (oggi fedelmente ricostruita) “a greca” degli armadi che compongono la CEP offrono al visitatore l'esperienza unica di percorrere l'interno di un calcolatore scoprendone le componenti e le loro funzioni: ingombri a parte, le stesse di una macchina odierna.

La passeggiata permette di osservare la “scheda” di controllo delle periferiche di ingresso/uscita, di apprezzare a occhio nudo i singoli bit della memoria a nuclei di ferrite, di riconoscere i registri del processore, la memoria del controllo microprogrammato e i componenti dell'Unità Aritmetico Logica, fino ai singoli stadi dell'addizionatore parallelo a 36 bit.

In funzione del pubblico, la visita alla CEP può avere diversi livelli di approfondimento tecnico. I dettagli dell'Unità di Alimentazione permettono di spaziare dalla rappresentazione elettrica dei bit fino ai compromessi fra velocità e consumi ottenuti giocando sulle tensioni. Sulla memoria del controllo si può ragionare sui meccanismi di decodifica ed esecuzione delle istruzioni. La struttura modulare dei circuiti insieme agli strumenti originali usati per la realizzazione e la manutenzione della CEP danno modo di comprendere concretamente cosa comportava negli anni Cinquanta decidere di costruire un calcolatore.

La CEP, a causa delle difficoltà finanziarie che il progetto incontrò negli ultimi anni, fu completata in ritardo e nacque, per certi versi, già datata. In particolare,

non fu possibile abbandonare le valvole e passare completamente ai transistor, riducendo ingombri, consumi e problemi di dissipazione del calore, un salto tecnologico che invece era riuscito all'Olivetti già con l'ELEA 9002. È questo un aspetto della storia della CEP denso di interessanti riflessioni su quanto sia rischioso per il futuro tecnologico di un paese interrompere, anche per poco, i finanziamenti alla ricerca. Il percorso dentro alla CEP affronta anche questi temi coinvolgendo i visitatori in una “caccia al transistor” per trovare dove, almeno come dimostrazione di capacità tecnologica, i ricercatori pisani introdussero i nuovi componenti elettronici – scoprendo, fra l'altro, altre tracce visive della partecipazione di Olivetti al progetto dell'Università.



Fig. 1 - L'unica foto rimasta del QCM della MR

3.4. Olivetti 9104 CINAC

Nel 1955 l'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo (INAC) del CNR di Roma acquistò un calcolatore Ferranti Mark I*. Il Ferranti fu uno dei primissimi calcolatori commerciali europei, prodotto dal 1951 e discendente diretto della *Baby Machine* di Manchester del 1948, in assoluto il primo calcolatore moderno al mondo. Il Ferranti dell'INAC fu il secondo calcolatore a funzionare in Italia, preceduto di pochi mesi dal CRC 102A acquistato negli Stati Uniti dal Politecnico di Milano, che però aveva minori capacità e prestazioni.

Nei primi anni Sessanta l'INAC decise di sostituire il Ferranti con una macchina più moderna stipulando un accordo con Olivetti. La nuova macchina fu consegnata nel 1966, quando la Divisione Elettronica era già stata venduta alla General Electric ed era un esemplare unico, identificato come ELEA 9104 da Olivetti e ribattezzato CINAC dal CNR (per Calcolatore dell'INAC).

Come macchina il 9104 era un derivato dell'ELEA 4001, un medio calcolatore che avrebbe dovuto continuare il successo di mercato ottenuto con l'ELEA 6001. Il progetto 4001 si perse nella cessione a General Electric, ma una sua

variante, inizialmente denominata ELEA 4-115, ebbe poi grandissimo successo commerciale come GE-115.

Negli accordi fra Olivetti e INAC era stipulato che la nuova macchina dovesse poter lavorare in completa emulazione del vecchio Ferranti. La richiesta derivava dalla mole di esperienza e, soprattutto, di librerie software che l'Istituto del CNR aveva sviluppato nel lungo periodo di utilizzo del Ferranti: un patrimonio che non poteva andare perso e il cui valore, oggi, ben riconosciamo nell'attenzione alla *backward compatibility* in ogni passaggio di piattaforma.

Il livello di emulazione realizzato fu estremamente fedele: furono cannibalizzati e interfacciati al 9104 la consolle del Ferranti e uno dei caratteristici visori dei banchi di memoria, in modo da non cambiare in niente il modo in cui programmatori e operatori erano abituati a lavorare. La presenza dei pezzi originali del Ferranti è un altro elemento di unicità e di curiosità del cimelio.

Inoltre, per i più tecnologicamente interessati, la presenza del visore dei banchi di memoria è un'occasione per approfondire il tema delle tecnologie di memorizzazione che precedettero i nuclei di ferrite, nel caso specifico i *tubi Williams* adottati dal Ferranti.

4. Calcolatori d'epoca in funzione

Un calcolatore dovrebbe sempre essere mostrato in funzione, altrimenti l'esposizione si limita al valore storico del cimelio e, in alcuni casi, all'apprezzamento delle forme esteriori come oggetti di design.

Per la memoria e la divulgazione dell'informatica inoltre non bisogna dimenticare il lato software della disciplina. Un'esposizione di macchine ferme racconta solo l'hardware, nella migliore delle ipotesi metà della storia.

Ci sono diverse strade per riportare in vita un calcolatore d'epoca: il restauro, la ricostruzione, la simulazione. Qualunque sia la via percorsa è sempre una sfida in termini di tempo, impegno e costi, a partire dalla difficoltà nel reperire sufficienti informazioni tecniche e alla conseguente necessità di procedere per ipotesi ed esperimenti. Applicando questi metodi HMR a oggi ha realizzato ricostruzioni sia in solido sia virtuali:

- **primo addizionale a 6 bit**; il primo componente della MR completato nel 1956 di cui si ha traccia nella documentazione recuperata fu un addizionale a 6 bit, un terzo del componente della ALU della MR; di questo primo risultato del progetto CEP è stata realizzata una replica hardware fedele ai disegni originali e, ovviamente, dimostrabile in funzione;
- **addizionale didattico componibile**; l'addizionale a 6 bit della MR è stata riprodotto anche in una versione più maneggevole, composta di moduli componibili, logicamente fedele all'originale, ma basata su componenti elettronici moderni che lavorano con tensioni sicure, adatti ad essere usati direttamente dagli studenti coinvolti nei laboratori didattici;
- **simulatore della MR del '56**; il primo progetto della MR risale al luglio del 1956; per la disponibilità di informazioni la MR56 è stata la prima ricostruzione su cui il progetto HMR si è cimentato, utile per valutare "dal vivo" quanto realizzabile fosse il primo progetto della MR e come sia in seguito maturato fino alla realizzazione della versione del 1957;
- **simulatore della MR del '57**; rispetto al primo progetto del 1956, la MR57 introduceva molte modifiche ed era una macchina più matura; a dispetto del

DIDAMATICA 2013

fatto che questa fu la MR realizzata, la documentazione che ci è giunta è purtroppo assai lacunosa; la realizzazione del simulatore completo della MR del 1957 è la sfida più appassionante (e impegnativa) in cui è coinvolto HMR; attualmente è stato completato il simulatore della macchina e del pannello di controllo manuale.

Per una trattazione più dettagliata dei problemi della ricostruzione di calcolatori d'epoca rimandiamo a [Cignoni e Gadducci, 2012a]. Una descrizione delle ricostruzioni realizzate da HMR è in [Cignoni e Gadducci, 2012b]. In [Cignoni et al, 2009] è invece descritto il simulatore della MR del 1956 e, in particolare, il suo uso nel “restauro” del software di sistema della prima versione della MR.

In queste pagine ci concentriamo invece sull'uso del simulatore della MR del 1957 come laboratorio per affrontare, mostrare e discutere diversi aspetti legati alla storia dell'informatica ma, soprattutto, i principi e i meccanismi con cui ieri come oggi funzionano i calcolatori, sia come hardware che come software.

4.1. Il quadro di controllo manuale della MR 1957

In fig. 1 è riprodotta l'unica foto recuperata della consolle della MR del 1957 ovvero, nella terminologia originale, il *Quadro di Controllo Manuale* (QCM). In fig. 2 è invece presentata una schermata del QCM come riprodotto dal simulatore. Il QCM era lo strumento principale di interazione con la MR. Fra le sue componenti principali citiamo:

- **indicatore del numeratore** (IN, 10 luci, in alto a destra), mostra in binario il valore del contatore di programma;
- **indicatore della memoria** (IM, 18 luci, in alto sotto IN), mostra in binario il valore dell'ultima parola scritta in memoria, ma dato che le memorie a nuclei di ferrite devono essere riscritte dopo una lettura, IM mostra in effetti anche l'ultima parola letta;
- **tastiera della memoria** (TM, 18 commutatori verticali, sotto IM), usato per predisporre bit a bit una parola da scrivere in memoria;
- **tastiera delle istruzioni** (TI, 18 commutatori verticali, sotto TM), usato per predisporre bit a bit un'istruzione (per esempio, in fig. 2 è predisposta l'istruzione di salto incondizionato all'indirizzo di memoria 100);
- **chiavi di arresto condizionato** (CAC1/2/3, 3 commutatori verticali, in basso a sinistra), usato per predisporre i 3 bit dei codici di *breakpoint* che permettevano di arrestare l'esecuzione di un programma in punti prestabiliti;
- **commutatori dei modi di funzionamento** (CNR, CRT, CEI, CAIM, 4 commutatori a 2 o 3 posizioni, in basso al centro), usati per predisporre i diversi modi di funzionamento della MR, fra i quali l'esecuzione dei programmi passo passo (per istruzione o per microistruzione), l'esecuzione di istruzioni da tastiera, il caricamento di dati o programmi in memoria da periferiche in una modalità che oggi chiameremmo *direct memory access*;
- **pulsante di avviamento** (PA, in basso a destra), usato per attivare il generatore di clock e avviare il ciclo di funzionamento della MR.

La riproduzione del QCM e soprattutto la comprensione del ruolo di tutti i suoi componenti è il risultato di un lungo lavoro di analisi della documentazione recuperata: pubblicazioni, rapporti e note interne, manuali, schemi e progetti tecnici. La documentazione è frammentaria, in molti casi estremamente concisa – senza contare la terminologia e le notazioni non più in uso. Il funzionamento

della MR e del suo QCM è stato ricostruito ricomponendo una specie di *puzzle*, mettendo insieme i pezzi recuperati e formulando ipotesi per quelli mancanti. La simulazione, prima di diventare mezzo di divulgazione, è stata lo strumento fondamentale per la verifica delle ipotesi di ricostruzione.

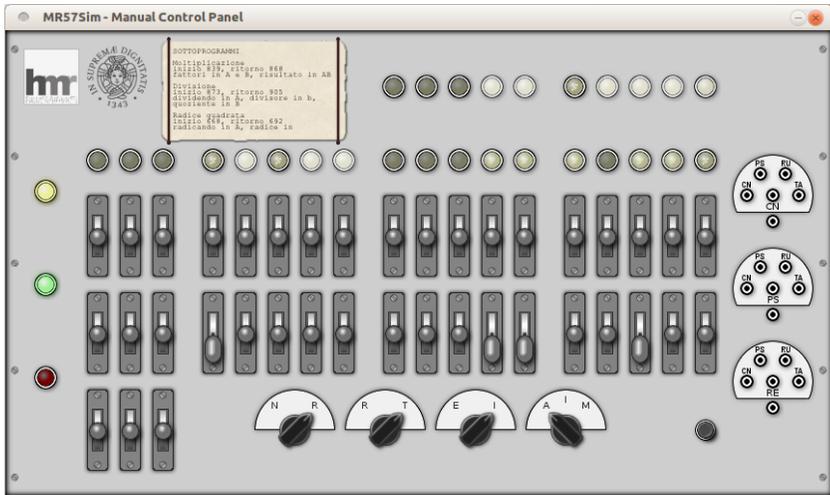


Fig. 2 – Il QCM riprodotto dal simulatore della MR

4.2. Il simulatore come laboratorio di divulgazione

Nell'ambito dei laboratori didattici il simulatore della MR si presta per raccontare molti aspetti dell'informatica e dei suoi meccanismi avendo di fronte un oggetto concreto e funzionante:

- tutta l'interazione con la MR è attraverso il QCM, la lettura delle informazioni e la scrittura di dati e istruzioni, avviene in termini di bit, un'ottima palestra per ripassare l'aritmetica binaria;
- la MR aveva un insieme ridotto di istruzioni con un formato unico ed estremamente razionale (oggi la classificheremmo come una macchina RISC) che si presta a essere raccontato, compreso e usato in poco tempo;
- le modalità di operare della MR espongono tutti i meccanismi oggi nascosti dalle interfacce, dal caricamento dei programmi in memoria al loro avvio tramite l'esecuzione di un salto;
- la MR, come praticamente tutti i calcolatori del suo tempo, era una macchina *batch* che non prevedeva interazione con l'utente durante l'esecuzione dei programmi; tuttavia, con il meccanismo dei codici di *breakpoint* è possibile realizzare degli esempi di programmi pseudo interattivi con i quali spiegare e discutere i meccanismi di base delle interfacce uomo-macchina.

Le tipiche sessioni dimostrative con il simulatore comprendono l'esecuzione di singole istruzioni direttamente da TI, componendo i 5 bit (da 10 a 14) del codice e i 10 bit (da 0 a 9) dell'operando. Appena più complicata è l'esecuzione di semplici programmi che permettono di usare la MR come una calcolatrice contabile – ovviamente con tastiera e display in binario.

Per una esperienza più ludica, si può giocare con un programma che trasforma la MR in una *slot machine*. A parte ogni altra considerazione, il codice è interessante sia per gli aspetti di interazione con l'utente, sia per un curioso paradosso temporale: il generatore di numeri casuali si basa su un algoritmo che non era ancora usato ai tempi della MR, un'occasione per riflettere sull'universalità dei calcolatori e richiamare concetti fondamentali del calcolo quali la Turing equivalenza.

Il simulatore è estremamente fedele anche nella riproduzione in tempo reale delle prestazioni della MR. Si possono eseguire benchmark e rendersi conto di quanto fosse veloce la MR – che, con i suoi circa 70 KIPS, per il tempo, si difendeva decisamente bene.

Infine, il simulatore riproduce con cura anche il *look and feel* di un calcolatore degli anni Cinquanta. Come risultato curioso viene smascherata (e spiegata) la classica rappresentazione cinematografica del calcolatore popolato di lampadine intermittenti. Nel caso del QCM della MR, le lampadine erano dei triodi a catodo freddo a gas (Z50T, per la precisione). I tempi di ionizzazione e deionizzazione erano di 50 e 200 μ s, quindi superiori al ciclo di clock della MR che, in dipendenza delle microistruzioni, poteva essere di 4 o di 8 μ s. Di conseguenza, le luci sul QCM più che accendersi e spengersi emettevano un incomprensibile e tremolante barlume, stabilizzandosi solo quando la macchina si fermava e i valori dei bit rimanevano costanti.

5. Conclusioni

Oltre allo specifico interesse culturale, la storia dell'informatica si offre come un prezioso strumento divulgativo, grazie al quale introdurre in maniera *soft* il grande pubblico e i ragazzi delle scuole ai concetti di base dell'informatica.

L'articolo ha illustrato alcuni dei risultati maggiori del progetto HMR e offerto una carrellata delle macchine storiche maggiormente significative conservate al Museo degli Strumenti per il Calcolo di Pisa, evidenziando come le ricostruzioni e i cimeli originali possano contribuire alla didattica dell'informatica.

Il successo finora riscontrato da queste iniziative, sia in termini mediatici che di partecipazione, sembra confermare la bontà di questo approccio.

Ringraziamenti

Il primo ringraziamento va alle scuole che visitano il Museo, l'espressione della loro soddisfazione è la nostra migliore motivazione a proseguire.

Le ricerche documentarie sono state effettuate in collaborazione con l'Archivio dell'Università di Pisa e con la Biblioteca dell'ISTI-CNR of Pisa. Per quel che riguarda l'Archivio, uno speciale ringraziamento va a Daniele Ronco.

Per le numerose discussioni su come meglio coinvolgere il pubblico durante le visite alle macchine ringraziamo Simone Farina.

L'addizionatore a 6 bit è stato ricostruito in collaborazione con il Museo del Computer di Novara e con le officine meccaniche dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e del Dipartimento di Fisica dell'Università di Pisa. Per il contributo tecnico e l'entusiasmo, ricordiamo con molto piacere le giornate passate insieme a Andrea Moggi (dell'INFN) e Alberto Rubinelli (del Museo di Novara).

Infine, uno speciale ringraziamento va a Elio Fabri, uno dei protagonisti dell'avventura della MR, che, con i suoi ricordi personali e con i documenti che ha avuto la cura di conservare, ci ha fornito un inestimabile contributo alla comprensione della tecnologia del primo calcolatore italiano.

Bibliografia

[Auerbach 1961] 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.

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

[Cignoni e Gadducci, 2012a] Cignoni G.A., Gadducci F., Experimental Archaeology of Computer Science. Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Serie B, 119, 2012.

[Cignoni e Gadducci, 2012b] Cignoni G.A., Gadducci F., Rediscovering the Very First Italian Digital Computer. Proceedings of 3rd IEEE HISTory of ELeCTro-technology CONFERENCE (HISTELCON), IEEE, 2012.

[Cignoni e Gervasi, 2011] Cignoni G.A., Gervasi C., GS_DTLib: simulazione efficiente di sistemi di trasporto. MobilityLab, 39, 2011.

[Cignoni e Paci, 2012] Cignoni G.A., Paci S., UML Modelling and Code Generation For Agent-based, Discrete Events Simulation. Proceedings of the International Workshop on Applied Modeling and Simulation, 2012.

[Cignoni et al, 2009] Cignoni G.A., Ceccarelli D., Imbrenda C., 2009. Il restauro del software di sistema della Macchina Ridotta del 1956. Congresso Nazionale AICA, 2009.

[DCN, 60] Goldstein G.D. (a cura di), ELEA 9003 - C. Olivetti & C. - Milan, Italy . Digital Computer Newsletter, Office of Naval Research, 12, 3, 1960.

[DCN, 61] Goldstein G.D. (a cura di), ELEA 6001 - C. Olivetti & C SpA. - Laboratorio di Ricerche Elettroniche Milan, Italy . Digital Computer Newsletter, Office of Naval Research, 13, 3, 1961.

[Filippazzi, 2006] Filippazzi F., ELEA: storia di una sfida industriale. La nascita dell'informatica in Italia, Polipress, Milano 2006.

[Guerraggio et al, 2010] Guerraggio A., Mattaliano M., Nastasi P., (a cura di), La lunga marcia di Mauro Picone", Quaderni PRISTEM, 15, 2010.

[HMR, 2013] Hackerando la Macchina Ridotta, <http://hmr.di.unipi.it>, ultimo accesso aprile 2013.

[Jargon, 2013] The Jargon File, <http://catb.org/jargon>, ultimo accesso aprile 2013.

[Leclerc, 1990] Leclerc B., From Gamma 2 to Gamma E.T.: The Birth of Electronic Computing at Bull. Annals of the History of Computing, 12, 1, 1990.

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

[MSC, 2013] Museo degli Strumenti per il Calcolo, <http://www.fondazionegalileogalilei.it/>, ultimo accesso aprile 2013.

[Parolini, 2008] G. Parolini, G., Olivetti Elea 9003: Between Scientific Research and Computer Business, History of Computing and Education 3 IFIP, 269, 2008.

[Rao, 2008] Rao G., Mario Tchou e l'Olivetti Elea 9003, Limes, 2008.

[RFC 1392, 2013] Internet Users' Glossary, <http://tools.ietf.org/html/rfc1392>, ultimo accesso aprile 2013.