

# Atti Convegno Nazionale DIDAMATiCA 2020



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE



A cura di: Giovanni Adorni, Andrea De Lorenzo, Luca Manzoni, Eric Medvet

Risorse e aggiornamenti relativi a questi Atti sono disponibili all'indirizzo  
[www.aicanet.it/didamatica2020](http://www.aicanet.it/didamatica2020)

Copyright©2020 AICA-Associazione Italiana per l'Informatica ed il Calcolo Automatico  
Piazzale Rodolfo Morandi, 2 - 20121 Milano  
Tel. +39-02-7645501 - Fax +39-02-76015717  
[www.aicanet.it](http://www.aicanet.it)

The cover of the DIDAMATiCA 2020 proceedings is distributed under the Attribution-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0) license (see <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>). Original photo by user Picchio4ever ([https://it.wikipedia.org/wiki/File:Minerva\\_units.jpg](https://it.wikipedia.org/wiki/File:Minerva_units.jpg)).

Edizione del 17 Novembre 2020

ISBN: 978-8-89-809161-4

## Best Papers

Sessione “Accessibilità e principi della didattica a distanza”

**Accessibilità di contenuti digitali per le STEM: un problema aperto.  
Alcune soluzioni inclusive per l’accessibilità di formule e grafici  
per persone con disabilità e DSA**

*Tiziana Armano, Anna Capietto, Dragan Ahmetovic, Cristian Bernareggi,  
Sandro Coriasco, Mattia Ducci, Chiara Magosso, Alessandro Mazzei,  
Nadir Murru, Adriano Sofia*

Sessione “Coding e STEM”

**An Investigation of High School Students’ difficulties  
with Iteration-Control Constructs**

*Emanuele Scapin, Claudio Mirolo*

Sessione “Università e mondo del lavoro”

**Voci dalla scuola al tempo del Coronavirus: dal MOOC all’eBook**  
*Nicoletta Di Blas, Barbara Di Santo, Aldo Torrebruno*

Sessione “Capire e costruire la scuola, l’università e la didattica”

**RiBau: il CANE torna a correre un calcolatore didattico del 1970**  
*Alessandro Cignoni, Giovanni A. Cignoni, Giuliano Pacini, Daniele Ronco*

Sessione “Didattica a distanza (anche per i più giovani)”

**Didattica a Distanza e Online Learning: rischi e opportunità d’innovazione.  
Un’indagine esplorativa**

*Michele Baldassarre, Valeria Tamborra*

# RiBau: il CANE torna a correre un calcolatore didattico del 1970

Alessandro Cignoni<sup>1</sup>, Giovanni A. Cignoni<sup>1</sup>, Giuliano Pacini<sup>1</sup>, Daniele Ronco<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Progetto HMR, Pisa

<sup>2</sup> Archivio Generale di Ateneo, Università di Pisa

{alessandro.cignoni, giovanni.cignoni, giuliano.pacini}@progettoHMR.it,  
daniele.ronco@sba.unipi.it

**Abstract.** Il Calcolatore Automatico Numerico Educativo (CANE) era un calcolatore didattico, esemplare pisano di una categoria con altri illustri esponenti. Era usato a Scienze dell'Informazione, il primo corso di laurea in informatica istituito in Italia e attivato a Pisa nel 1969/70. Il CANE era uno strumento didattico realizzato dagli studenti, fu infatti il risultato di due tesi. Il relatore fu Antonio Grasselli, uno dei principali promotori del corso di laurea. La ricostruzione del CANE è il contributo di Progetto HMR al 50° di Scienze dell'Informazione.

Oltre al valore storico, il CANE può ancora essere uno strumento didattico. I dispositivi dell'informatica di oggi, sotto la superficie amichevole, nascondono sistemi incredibilmente complessi, difficili se non impossibili da comprendere appieno. Il CANE, nella sua antica semplicità restituisce allo studente la soddisfazione di capire davvero come funziona l'informatica.

**Keywords:** calcolatori didattici, università, storia dell'informatica.

## 1 Introduzione

Il CANE si studiava al corso di TAMC, Teoria e Applicazioni delle Macchine Calcolatrici. Fra gli studenti era popolare un'interpretazione alternativa delle ultime due lettere dell'acronimo: "Non Esistente". Il CANE infatti era, diremmo oggi, una macchina virtuale: si usava facendo girare il SimulCANE sull'IBM 7090 del CNUCE, il Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico istituito dall'Università di Pisa nel 1964.

Ricostruire vecchi calcolatori usando la simulazione software, cioè studiare e mostrare l'informatica di ieri con le tecnologie di oggi è una caratteristica di Progetto HMR [33]. Le precedenti esperienze nella ricostruzione della prima Calcolatrice Elettronica Pisana (CEP), sia secondo il primo progetto del 1956 [8] sia nella versione effettivamente realizzata nel 1957 [9], hanno simulato calcolatori che nella realtà erano macchine vere. RiBau, il progetto dedicato al CANE, ha invece realizzato una versione moderna di qualcosa che, già in origine, era un simulatore. Il valore aggiunto è la fruibilità: SimulCANE girava su un mainframe al quale gli studenti accedevano soltanto per interposta persona, attraverso gli operatori del CNUCE. Il simulatore del CANE di 50 anni dopo è un'applicazione web accessibile a tutti, a distanza, in ogni momento.

L'articolo racconta la storia del CANE e presenta la sua nuova versione web. È descritto il contesto storico, sia come riferimenti ad altri celebri calcolatori didattici del tempo, sia come uso nel corso di laurea in Scienze dell'Informazione. È discussa l'architettura del CANE, come funzionava l'originale e le scelte di ricostruzione. Infine, è descritta una breve sessione sul simulatore web – l'immane Ciao Mondo.

## 2 Calcolatori didattici, omini, leoni e pistolieri

Il CANE non fu l'unico calcolatore didattico “non esistente”. L'idea di macchine esempio, pensate per spiegare, era già stata percorsa. Erano macchine usate per presentare agli studenti le basi dell'architettura dei calcolatori e della programmazione. Ripulite dalle complicazioni tipiche dei calcolatori reali, erano macchine ideali, sia nel senso platonico di modelli rappresentativi, sia per le esigenze pragmatiche della didattica.

L'idea di far rivivere il CANE, oltre alla ricerca storica (e al divertimento della ricostruzione), è motivata anche dalla convinzione che i calcolatori didattici siano tuttora utili a comprendere l'informatica: a maturare nello studente la rivelazione del “ora so davvero come funziona”. Oggi ancor più di prima, avendo i sistemi reali raggiunto livelli di complessità, letteralmente, sovraumani. Dietro al progetto RiBau c'è l'augurio che il CANE possa ancora servire a spiegare come funzionano i calcolatori.

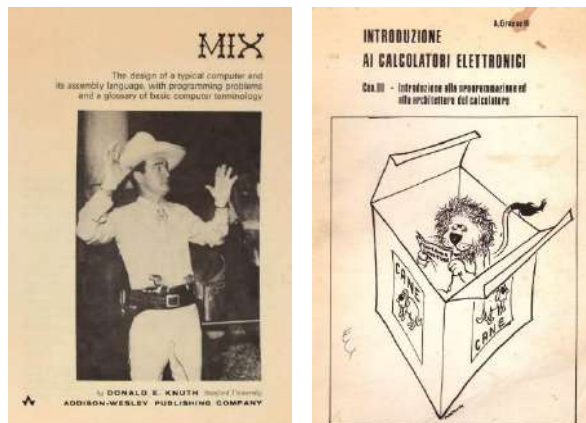


Fig. 1. Copertine di calcolatori didattici a confronto, si può non essere noiosi

Il CANE fu realizzato come tesi di laurea [30, 34] nel 1969/70, in pratica contemporaneamente all'attivazione del corso di laurea in Scienze dell'Informazione [11], e fu poi usato nelle lezioni di TAMC negli anni successivi. Al tempo c'erano almeno altri due esempi di calcolatori didattici: il *Little Man Computer* (LMC) [36] proposto nel 1965 da Stuart Madnick e John Donovan e usato nei corsi al Massachusetts Institute of Technology, e il *MIX* di Donald Knuth, pubblicato nel 1968 nel primo volume [23] del suo monumentale “The Art of Computer Programming”.

Il nome del LMC di Madnick e Donovan non era scelto a caso. Nell'intento didattico di spiegare il funzionamento di una macchina a programma memorizzato, i due fecero

ricorso a un omino che prelevava dalla memoria le istruzioni, svolgeva le operazioni logiche e aritmetiche necessarie per eseguirle, aggiornava gli stati dei registri e della memoria e poi ricominciava il suo ciclo di lavoro. LMC ha una lunga storia didattica, oltre i corsi al MIT fu adottato in molti testi, fra i più longevi [12], riedito fino al 2014.

Anche il CANE aveva i suoi omini. La dispensa di Grasselli del 1972 [21] era illustrata da Alberto Fremura, pittore e vignettista labronico. Le pagine introduttive descrivevano le operazioni interne di un calcolatore come svolte da impiegati, fattorini e meccanici, metafora poi ripresa, con tanto di plastico, nelle lezioni che Grasselli tenne fra il novembre 1974 e il febbraio 1975 sulla RAI – di questi tempi un esempio particolarmente curioso di didattica a distanza [18]. Di Fremura è anche il leone che rappresentava il prestante IBM 7090 intento a eseguire il programma SimulCANE (fig. 1).

Non ci sono omini invece nel MIX di Knuth. Ma, a dimostrazione del divertimento genuinamente hacker con cui gli informatici affrontano la propria disciplina, anche il MIX cela parecchie curiosità. Per essere un buon esempio, il calcolatore didattico di Knuth doveva ben rappresentare le macchine reali dell'epoca. Knuth compilò perciò la lista delle macchine alle quali il MIX si ispirava e sulle quali il MIX poteva anche essere facilmente simulato. Fra i calcolatori più noti c'erano gli *IBM 360, 650, 601, 709 e 7070*, gli *Univac SS80 e 1107*, il *CDC 1604*, il *Burroughs B220*, l'*Honeywell H800*, il *Digital PDP4*... Tutte le macchine della lista di Knuth avevano un numero nel nome: un calcolatore che si rispetti deve avere delle cifre nella sigla che lo identifica, dopo tutto è una macchina digitale, cioè "a cifre". Che numero dare al calcolatore didattico? Knuth fece la media di tutti i numeri nella lista: 1009, in numeri romani MIX! Si sospetta che la lista sia stata costruita ad arte, ma come Tom Mix, famoso attore western dei tempi del muto, di fronte a Knuth non possiamo che arrenderci (sempre fig. 1).

### 3 La didattica a Pisa, dalle CEP al CANE

Il CANE fu usato a Scienze dell'Informazione, nel corso di Teoria e Applicazione delle Macchine Calcolatrici (TAMC). Come strumento didattico, originale e realizzato con il contributo degli studenti, è un rappresentante ideale di quell'esperienza, anche per il ruolo che Grasselli ebbe nella progettazione del corso di laurea pisano.

Il corso di laurea fu attivato nell'a.a. 1969/70. L'iter è noto: la delibera della Facoltà di Scienze (8 marzo 1968), i passaggi al Consiglio di Amministrazione e al Senato Accademico (20 e 28 marzo), la richiesta di modifica dello statuto al Ministero (22 aprile), il parere favorevole della I Sez. del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione (31 ottobre) e, infine, il già citato DPR n. 24 del 28 gennaio 1969 che formalmente istituì la nuova laurea. Per la storia generale rimandiamo a [27], nel seguito approfondiamo il ruolo di Grasselli, la collocazione di TAMC nel corso di laurea, l'uso del CANE e di altre macchine esempio in TAMC e in altri insegnamenti pisani.

Iniziative di formazione universitaria sui calcolatori elettronici erano attive da tempo. A Pisa dal 1964 esisteva il corso di perfezionamento in Calcolo Automatico. Offerte simili c'erano al Politecnico di Milano, dove lavorava il gruppo di Luigi Dadda, e a Roma, all'Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo (INAC) del CNR, ispirato, fondato e diretto da Mauro Picone. In diverse Università c'erano singoli corsi inseriti

nei piani di studi di Scienze o di Ingegneria. I tempi per un corso di laurea erano quindi maturi e il progetto pisano era allineato agli orientamenti discussi sulla scena internazionale. La Association for Computing Machinery aveva promosso sin dal 1962 un comitato per la formazione in *computer science*; nel 1968, con il supporto della National Science Foundation, era stato pubblicato il Curriculum 68 [3] che, definendo insegnamenti e contenuti, ispirò molti corsi di laurea in USA e in Europa.

Nel 1967 Grasselli, che veniva dal gruppo di Dadda e aveva portato a Pisa altri giovani ricercatori, aveva redatto uno studio sugli insegnamenti sui calcolatori elettronici [20], interessante anche per il corpuso insieme di allegati. Il corso di laurea aveva poi preso forma e, pochi mesi prima dell'inizio delle lezioni, Grasselli lo aveva presentato a un seminario internazionale [19]. Il Curriculum 68 evidenziava le relazioni e le dipendenze con il curriculum in *mathematics* [25]. Il corso di laurea fu attivato dalla Facoltà di Scienze e, nel programma di studi pisano, si riconoscono molti dei titoli dei corsi del Curriculum 68, propri di computer science, o mutuati da mathematics. Nella presentazione di Grasselli si citano anche i promotori del corso di laurea pisano: in maggior parte docenti della facoltà di Scienze e ricercatori del CNR, ma anche rappresentanti di Ingegneria e dell'industria: *IBM Italia e Italsiel*.

A Pisa i primi insegnamenti con questi obiettivi furono parte della missione didattica che coinvolse i ricercatori del progetto CEP. Seminari furono organizzati già nel gennaio 1955 [4], ma diventarono presto articolati cicli di lezioni come quelle tenute da Elio Fabri nel marzo-maggio 1956 [13]. Il primo corso ufficiale a Pisa fu di Corrado Böhm [5], in prestito dall'INAC di Picone. Oltre a testimoniare la collaborazione fra due realtà nazionali, il corso di Calcoli numerici e grafici del 1958/59 copriva temi teorici e pratici che già prefiguravano la necessità di una formazione di maggior respiro [10]. Il corso di Böhm attesta già l'idea di un calcolatore modello pensato per fini didattici: nelle lezioni illustrò una "calcolatrice semplificata" (allora "calcolatore" non indicava una macchina, ma la persona responsabile di un procedimento di calcolo).

Altra testimonianza è il corso di Cibernetica 1961/62 di Alfonso Caracciolo [6], protagonista della realizzazione delle due CEP. Il suo corso è in gran parte dedicato alla programmazione, per quanto riguarda l'architettura dei calcolatori, l'esempio è la seconda CEP, fresca di inaugurazione e visitata dagli studenti nell'ultima lezione.

L'insegnamento di TAMC era un complementare già presente nelle lauree in Matematica. A Pisa fu attivato per la prima volta nel 1967/68, inizialmente tenuto da Grasselli e Caracciolo [1, 2]. Era un classico insegnamento introduttivo, con contenuti vicini a quelli dei corsi "precursori" di Böhm e di Caracciolo: le principali basi teoriche, i principi della programmazione l'architettura degli elaboratori. Nella nuova laurea in Scienze dell'Informazione, divenne il primo contatto degli studenti con la disciplina – proprio com'era *Introduction to Computing*, la radice dell'albero del Curriculum 68.

Nel 1969/70, con l'attivazione di Scienze dell'Informazione e l'aumentato numero di studenti, ai docenti di TAMC si aggiunsero Alfio Andronico ed Eugenio Morreale: Andronico e Caracciolo coprirono i corsi per Scienze, mentre Grasselli e Morreale si dedicarono alle edizioni di TAMC per la nuova laurea. Negli anni successivi l'insegnamento fu coperto anche da Pietro Piram e Giorgio Levi, Franco Preparata, Giuseppe Gestri, Carlo Montangero, Giuliano Pacini. Il CANE, non appena disponibile, iniziò a comparire nelle lezioni di TAMC. Esempi di come fu presentato agli studenti si trovano

nei registri dei corsi di Levi/Piram (e.g. 1970/71 [24]), Montangero (e.g. 1972/73 [28]), Preparata (e.g. 1972/73 [32]), Pacini (e.g. 1974/75 [31]), Gestri (e.g. 1976/77 [15]).

Nella discussione sui metodi didattici, la dialettica fra esempi costruiti ad hoc ed esempi tratti dal mondo reale è presente e vivace in molte discipline. Per l'informatica, il CANE, come LMC e MIX, è un rappresentante degli esempi ad hoc: intorno alla sua storia si trovano le tracce di quella dialettica nel corso di laurea pisano. Per esempio, già nel 1972/73, al termine del suo corso Preparata presentava anche il *Digital PDP-8*. Fu però un altro Digital storico, il *PDP-11*, che con continuità prima affiancò e poi sostituì il CANE per illustrare agli studenti architetture reali e più moderne. I corsi di Montangero rappresentano bene la transizione fra il 1977/78 [30] e il 1980/81 [32]. Il MiniCANE, protagonista delle citate lezioni televisive, testimonia un'evoluzione: era scritto in Algol-W (un derivato dell'ALGOL 60 proposto da Niklaus Wirth e precursore del Pascal) e fu usato nei corsi (e.g. Montangero 1979/80 [29]). Il più fedele al CANE fu Gestri: lo usò nelle sue lezioni fino al 1990/91 [16].

Oltre all'uso didattico è interessante anche l'origine didattica del CANE. Il simulatore del CANE fu oggetto della tesi di Pacini discussa nel marzo 1970. Un altro tesista, Attilio Ripoli, nel luglio 1970 si laureò lavorando sul cross-assemblatore: girava sul 7090 per produrre codice per il CANE. Relatore delle due tesi fu Grasselli ed entrambe furono lauree in Fisica. Si potrebbe dire che il CANE segna il passaggio di testimone dai fisici, che avevano dato il via alla storia con il progetto CEP, agli informatici, che iniziavano a esistere ufficialmente come "prodotti" del nuovo corso di laurea.

#### 4 Il CANE, architettura e uso

Il CANE era pensato per avvicinare gentilmente gli studenti alla comprensione intima del funzionamento dei calcolatori: una consapevolezza che non acquisisce programmando solo in linguaggi ad alto livello. Il concetto è ben spiegato da Grasselli nelle prime pagine della sua dispensa [21] con una metafora che invitiamo a leggere direttamente. Grasselli avverte, citando Konrad Lorenz, che la cosa non è senza impegno.

Perciò, per aiutare il cammino degli studenti, il CANE era nato semplice [17]. La memoria era di 512 celle di 18 bit, sufficienti per gli esercizi di programmazione. Il processore aveva 2 registri di lavoro a 18 bit e 7 registri indice a 9 bit usabili come contatori o modificatori d'indirizzo. Per comprendere la macchina, agli studenti erano esposti anche il contatore di programma, il registro dell'istruzione corrente, i registri di indirizzamento e di lettura/scrittura della memoria.

Le istruzioni macchina erano 64. Trasferimenti fra memoria e registri, operazioni aritmetiche e logiche, confronti e salti ben rappresentavano le istruzioni tipiche delle macchine del tempo. Facevano invece eccezione le istruzioni di utilità per le conversioni binario/decimale e per la gestione del lettore di schede e della stampante. Le prime, sofisticate e complesse, nei calcolatori reali sono di solito realizzate come routine di sistema e non come istruzioni di macchina. Le seconde sono proposte nel CANE in una forma semplificata che nasconde molta della complessità della gestione delle periferiche. Entrambi i casi, con soluzioni diverse, sono espressioni della natura didattica del CANE: affinché gli studenti si concentrassero sugli aspetti più interessanti degli

algoritmi assegnati come esercizi di programmazione, erano loro risparmiati compiti noiosi (le conversioni) o troppo difficili (la gestione delle periferiche).

Il CANE aveva una consolle. Mostrava lo stato di tutti i registri, dei bit di confronto e di traboccamento; ospitava i pulsanti per la sequenza di avvio da lettore di schede e per il controllo dell'avanzamento singolo o continuo dei programmi. La consolle però non era simulata: d'altra parte, gli studenti non avrebbero potuto vederla nel contesto operativo del CNUCE che ospitava l'IBM 7090 sul quale girava il SimulCANE.

Il 7090 era stato inaugurato nel 1965 insieme all'apertura del Centro. Proprio nei primi anni di Scienze dell'Informazione arrivarono al CNUCE macchine più moderne: l'IBM 360/67 nel 1971 [26] e l'IBM 370/155 nel 1973 [35]. Il 7090 fu però mantenuto in servizio per diversi anni [24]. Gli studenti avevano accesso al CANE attraverso le procedure con cui tutti gli utenti del CNUCE usavano il 7090 [14]: in orari prestabiliti i programmi (pacchi di schede perforate) erano consegnati agli operatori del centro, le esecuzioni erano pianificate per la giornata successiva, alla fine della quale i risultati (stampe su foglio continuo) erano disponibili per essere ritirati.

Quindi, la consolle del CANE era descritta solo per dare agli studenti un'idea concreta della macchina e figurarsi le azioni di un operatore che caricava i programmi del CANE e ne controllava l'esecuzione.

Per eseguire i programmi scritti per il CANE, il pacco di schede doveva iniziare con i due programmi per il 7090 SystemCANE e SimulCANE. Seguivano le schede dei programmi nel linguaggio del CANE. Caricati e messi in esecuzione sul 7090 i primi due, le schede successive erano interpretate dal CANE simulato.

Il simulatore web realizzato oggi permette invece di lavorare con il CANE come un operatore: esiste una consolle e si ha accesso a due tipiche periferiche del 7090, il lettore di schede *IBM 1402* e la stampante *IBM 1403*, come se fossero collegate al CANE. Sul lettore si può caricare direttamente un programma per il CANE.

Come tutte le ricostruzioni, anche quella del CANE ha posto dilemmi e richiesto scelte. Sono stati risolti cercando di interpretare al meglio le intenzioni didattiche originali. Per esempio, già l'accesso alla consolle e alle periferiche è una deviazione rispetto all'originale. È motivata dalla volontà di offrire oggi quel che le tecnologie di ieri non permettevano, ma che gli autori avrebbero desiderato pensando allo scopo del CANE: spiegare il funzionamento dei calcolatori. Altre scelte sono decisamente più tecniche, ne discutiamo brevemente un paio.

Secondo [30, 21] il CANE rappresenta i numeri negativi in complemento a 2. Tuttavia, negli stessi documenti, si dichiara un intervallo simmetrico, tipico della rappresentazione in modulo e segno. La contraddizione è rimasta insoluta: per non far pensare a un errore il CANE web funziona con la rappresentazione in complemento a 2 standard e gli interi a 18 bit vanno da  $-2^{17}$  a  $2^{17}-1$ .

La divisione era stata implementata con un algoritmo descritto in [7]. È una divisione particolare per la quale, per esempio,  $128 \div 10$  fa 13 con resto  $-2$ . Nel CANE web si è scelto la divisione standard e il resto ha sempre il segno del dividendo.

In generale, il criterio adottato nel risolvere contraddizioni e "stranezze" è stato di facilitare l'uso a chi si avvicina al CANE per capire come funziona un calcolatore. Soprattutto considerando che il CANE web ha anche il senso di mostrare agli utenti dell'informatica di oggi com'era fatto e come si usavano i calcolatori mezzo secolo fa.



## 5 Ciao Mondo sul CANE

Per mettersi nei panni degli studenti di TAMC degli anni '70 sarebbe necessario un po' di studio, partendo dalla dispensa di Grasselli [21] per poi approfondire con la nota tecnica [17] e le tesi [30, 34]. Però, per soddisfare l'impazienza di vedere il CANE in funzione, non poteva mancare il più classico degli esempi di programmazione.

Storicamente, occorre segnalare che gli studenti che usavano il CANE non potevano conoscere *Hello World*. Comparve per la prima volta nel 1974 in un memorandum di Brian Kernighan rimasto interno ai Bell Labs. Fu poi ripreso in "The C Programming Language", scritto con Dennis Ritchie e pubblicato nel 1978 [22]. Negli anni a seguire, il libro divenne una pietra miliare, oltre che per il C, anche come modello di libro sulla programmazione: dalla formattazione tipografica, allo stile della scrittura, al programmino di primo contatto. Sul CANE inoltre è CIAO MONDO, le minuscole non c'erano nell'insieme dei caratteri che il CANE ereditava dalle periferiche dell'IBM 7090.

Un programma per il CANE, nella sua forma più elementare, fisicamente consiste in un pacco di schede perforate (fig. 2), ognuna contenente 4 parole di 18 bit. La prima scheda è per il *caricatore minimo*, il programmino (4 istruzioni, una scheda) che carica nella memoria del CANE le schede successive, cioè il vero programma utente, anch'esso codificato in binario. La versione minimale di CIAO MONDO si programma in 7 parole, 3 di istruzioni e 4 di dati (la stringa da stampare). In tutto sono 3 schede: 1 di caricatore minimo e 2 di programma.

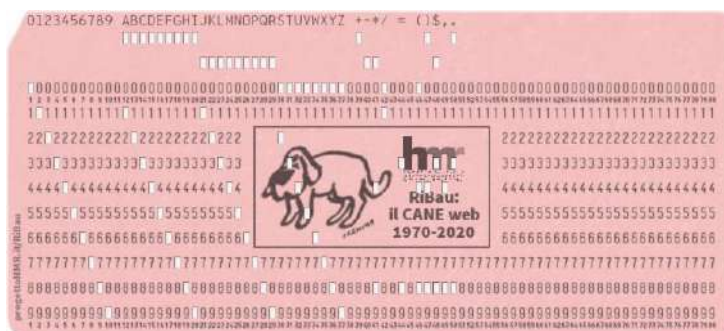
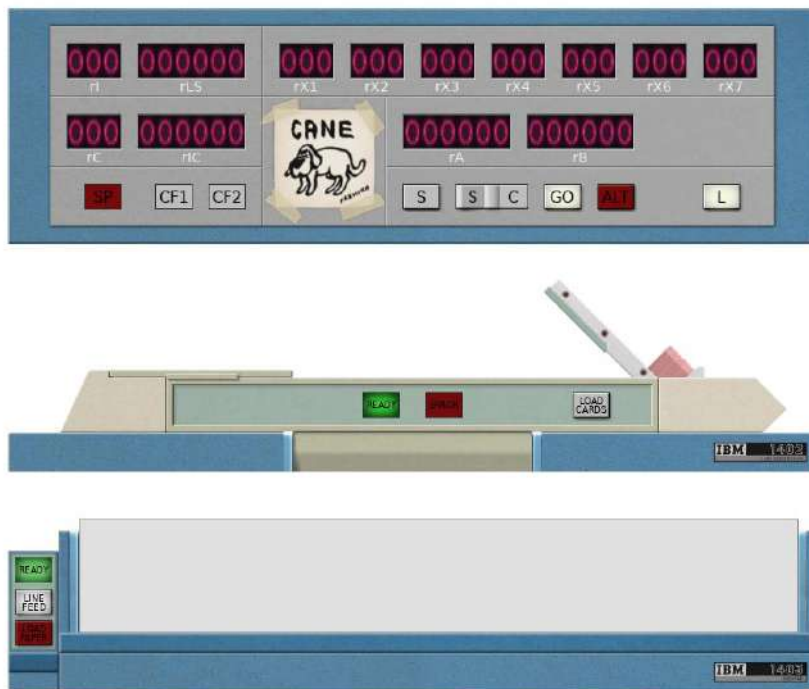


Fig. 2. Una scheda perforata, sulle colonne i fori codificano i caratteri stampati in alto

Il CANE web legge le schede come sequenze di caratteri. Le schede infatti questo erano: le perforazioni su una colonna codificavano un carattere; il perforatore, per facilitare la lettura, stampava in alto il carattere corrispondente. Le cifre '0', '1'... 9 erano codificate con un solo foro nella riga corrispondente al valore numerico, quindi le schede binarie avevano perforazioni solo sulle prime due righe. In pratica, le 3 schede di CIAO MONDO sono:

```
000111001111111000111010001000001100010100001000000100100000000000000001
1111010000000001001111000000000001110000000000000101010011011001010001
1001101100001001001001101001010100100110110000110000
```

Ogni riga corrisponde a una scheda, la terza non è usata completamente. Per caricare le schede sul CANE web (vedi fig. 3) è sufficiente premere il pulsante *Load Cards* sul lettore di schede IBM 1402 e “caricare” le schede copia-incollando il testo nella dialog box che si apre. Le schede appaiono sul carrello e lo stato del lettore diventa Ready. Cliccando sulle schede si può vedere l’aspetto reale di una scheda. Per eseguire CIAO MONDO basta premere il pulsante *L* sulla consolle del CANE.



**Fig. 3.** Il CANE come si presenta sul web: la consolle, il lettore di schede, la stampante

Di seguito è descritto cosa succede in dettaglio nel CANE.

La pressione di *L* fa partire la sequenza di avvio da lettore di schede. Questa legge una scheda e trasferisce le 4 parole in memoria a partire dalla locazione 0. Terminata la lettura il CANE comincia ad eseguire le istruzioni a partire dalla locazione 0. Quindi il risultato della pressione di *L* è caricare e lanciare il caricatore minimo.

Il caricatore minimo legge le schede che lo seguono, 2 nel nostro caso, ne trasferisce il contenuto in memoria a partire dalla locazione 4 e, terminata la lettura, esegue un salto a 4. Il risultato è caricare e lanciare il vero CIAO MONDO.

Il programma CIAO MONDO è fatto di 3 istruzioni codificate nei primi 18+18+18 bit della seconda scheda. Segue la stringa da stampare: “CIAO MONDO ” con due spazi in fondo per fare 12 caratteri che, nella codifica IBM a 6 bit per carattere, a 3 caratteri per parola, costituiscono le ultime 4 parole del programma.

La prima istruzione, caricata in 4, è una CEN, per “controllo entrata”, serve solo ad assicurarsi che il lettore di schede abbia terminato di scrivere in memoria. La seconda, in 5, è una USC 7, per “uscita da 7”, dice alla stampante di stampare una riga leggendo i caratteri dalla memoria a partire dalla locazione 7, cioè da dove comincia la nostra stringa. La terza, in 6, è una ALT 5, dice di fermare l’esecuzione saltando a 5.

Poiché la stampa è sempre di una riga di 120 caratteri presi 3 a 3 dalla memoria, dopo “CIAO MONDO ” la riga è completata con zeri, cioè con il contenuto di default della memoria che corrisponde alla codifica del carattere ‘0’.

Terminando con un salto a 5, il CANE è fermo ma posizionato sulla USC, cioè pronto per ristampare “CIAO MONDO ”. Basta premere il pulsante *GO* sulla console.

## 6 Ringraziamenti

Grazie a Linda Pagli per aver reso disponibile la dispensa con i disegni di Fremura e a Carlo Montangero che ha scovato chi ne aveva conservato una copia. L’Archivio Generale di Ateneo e la Direzione Servizi per la Didattica hanno permesso l’accesso e la riproduzione dei documenti, un grazie a Luigi Rivetti per l’interessamento. Grazie ad Andrea Pachetti che ci ha segnalato i video con le lezioni di Grasselli sulla RAI.

## Riferimenti

La documentazione originale del CANE e gran parte del materiale d’archivio citato è disponibile in forma digitale sulle pagine web di Progetto HMR.

1. AA.VV.: Annuario dell’Università degli studi di Pisa per l’a.a. 1967/68. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1968).
2. AA.VV.: Annuario dell’Università degli studi di Pisa per l’a.a. 1968/69. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1969).
3. ACM Curriculum Committee on Computer Science: Curriculum 68. Communications of the ACM, 11(3) 151-197 (1968).
4. Anon.: Riassunto della riunione all’Istituto di Fisica del 13-14 gennaio. Università. di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1955).
5. Böhm, C.: Registro delle lezioni di Calcoli Numerici e Grafici, a.a. 1958/59. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1959).
6. Caracciolo, A.: Registro delle lezioni di Cibernetica, a.a. 1961/62. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1962).
7. Chu, Y.: Digital computer design fundamentals. McGraw-Hill (1962).
8. Cignoni, G.A., Ceccarelli D, Imbrenda C.: Il “restauro” del software di sistema della Macchina Ridotta del 1956. Atti del 47mo Congresso Nazionale AICA, Roma, 1-11 (2009).
9. Cignoni, G.A., Gadducci F., Paci S.: A Virtual Experience on the Very First Italian Computer. ACM Journal on Computing and Cultural Heritage 7(4) 1-23 (2015).
10. Cignoni, G.A., Gadducci, F.: A Syllabus for the Fifties, Teaching Computer Science on the first Italian Computers. Intervento alla 2<sup>nd</sup> Int. Conference on the History and Philosophy of Computing, Parigi, (2013).
11. DPR 24 del 18 gennaio 1969, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 64 (1969).

12. Englander, I.: *The Architecture of Computer Hardware, Systems Software, & Networking: An Information Technology Approach*. 5th Ed. John Wiley & Sons (2014).
13. Fabri, E.: *Appunti dalle lezioni di Introduzione alla Programmazione di una Calcolatrice Elettronica*. Nota Interna CSCE 1 35. Archivio IEI, Biblioteca ISTI/CNR, Pisa (1956).
14. Faedo, A.: *Norme relative all'utenza del Sistema 7090*. CNUCE. Comunicazione del Direttore, 23 marzo. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1967).
15. Gestri, G.: *Registro delle lezioni di TAMC, a.a. 1976/77*. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1977).
16. Gestri, G.: *Registro delle lezioni di TAMC, a.a. 1990/91*. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1991).
17. Grasselli, A., Pacini, G.: 1970. *CANE SimulCANE e SystemCANE*. IEI Nota Tecnica C70/1. Archivio IEI, Biblioteca ISTI/CNR, Pisa (1970).
18. Grasselli, A.: 6<sup>a</sup> *Trasmissione Le istruzioni del MiniCane*. Parte di un ciclo di 13 lezioni trasmesse dalla RAI, <http://youtube.com/watch?v=A24eAGoZAuc>. Acceduta 2020/09/09.
19. Grasselli, A.: *Computer Science at The University of Pisa*. Intervento a *Development and Organization Criteria for University Curricula in Computer Science*, Varese. IEI Nota Interna B69/16. Archivio IEI, Biblioteca ISTI/CNR, Pisa (1969).
20. Grasselli, A.: *Insegnamento universitario nel campo dei calcolatori elettronici*. IEI Nota Interna II.61. Archivio IEI, Biblioteca ISTI/CNR, Pisa (1967).
21. Grasselli, A.: *Introduzione ai calcolatori elettronici - Cap. III: Introduzione alla programmazione e all'architettura del calcolatore*. Università di Pisa, dispensa edita in proprio (1972).
22. Kernighan, B.W., Ritchie, D.: *The C Programming Language*. Prentice Hall (1978).
23. Knuth, D.: *The Art of Computer Programming - Volume 1 / Fundamental Algorithms*. Addison-Wesley (1968).
24. Levi, G., Piram, P.: *Registro delle lezioni di TAMC, a.a. 1970/71*. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1971).
25. *MAA Committee on the Undergraduate Program in Mathematics: A general curriculum in mathematics for colleges*. Mathematical Association of America, Berkeley (1965).
26. Marconi, R. (per A. Faedo): *Inizio del servizio del Sistema IBM 360/67*. CNUCE, Comunicazione del Direttore, 6 agosto. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1971).
27. Montangero, C.: *I Corsi di Laurea di Scienze (in Informatica)*. In *Quaderni della Fondazione Galileo Galilei*, n. 1. Pisa University Press (2013).
28. Montangero, C.: *Registro delle lezioni di TAMC, a.a. 1972/73*. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1973).
29. Montangero, C.: *Registro delle lezioni di TAMC, a.a. 1979/80*. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1980).
30. Pacini, G.: *Architettura e simulazione di un calcolatore didattico*. Tesi di laurea in Fisica, Università di Pisa (rel. A. Grasselli). Archivio IEI, Biblioteca ISTI/CNR, Pisa (1970).
31. Pacini, G.: *Registro delle lezioni di TAMC, a.a. 1974/75*. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1975).
32. Preparata, F.: *Registro delle lezioni di TAMC, a.a. 1972/73*. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1973).
33. *Progetto HMR*, <http://progettoHMR.it>. Acceduta 2020/09/09.
34. Ripoli, A.: *Un programma assemblatore per un calcolatore didattico*. Tesi di laurea in Fisica, Università di Pisa (rel. A. Grasselli). Univ. di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1970).
35. Torrigiani, G.: *Utenza CNUCE Sistema IBM 370/155*. CNUCE, Comunicazione del Comitato Direttivo, 20 marzo. Università di Pisa. Archivio Generale di Ateneo (1973).
36. Yurcik, W., Osborne H.: *A Crowd of Little Man Computers: Visual Computer Simulator Teaching Tools*. Atti della Winter Simulation Conference, Arlington, 1632-1639 (2001).