

Il computer da Turing a oggi: macchine, tecnologia e società

Alan Turing dimostra che
l'obiettivo di Hilbert (dimostrare la
coerenza della matematica per via
algoritmica) non era possibile.

Come “effetto collaterale”, però,
dimostra che una certa **macchina**
ideale molto semplice può
realizzare **qualsiasi algoritmo**.

Una **macchina** caratterizzata da:

- istruzioni di base molto semplici
- manipolazioni di pochi simboli alla volta
- output che dipende solo da input e dallo stato della macchina
- istruzioni e dati letti da input

In quegli anni **altri sviluppi
tra teoria e applicazione pratica.**

In particolare, due ricercatori (uno russo, **Victor Shestakov nel 1935**, e uno USA, **Claude Shannon nel 1938**) utilizzeranno l'algebra booleana per **progettare commutatori elettromeccanici** (fatti da relay, che sono o aperti o chiusi)

Victor Shestakov

1935

(ma pubblicato solo
nel 1941 e per di più in russo)

A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits*

*Claude E. Shannon***

I. Introduction

In the control and protective circuits of complex electrical systems it is frequently necessary to make intricate interconnections of relay contacts and switches. Examples of these circuits occur in automatic telephone exchanges, industrial motor-control equipment, and in almost any circuits designed to perform complex operations automatically. In this paper a mathematical analysis of certain of the properties of such networks will be made. Particular attention will be given to the problem of network synthesis. Given certain characteristics, it is required to find a circuit incorporating these characteristics. The solution of this type of problem is not unique and methods of finding those particular circuits requiring the least number of relay contacts and switch blades will be studied. Methods will also be described for finding any number of circuits equivalent to a given circuit in all operating characteristics. It will be shown that several of the well-known theorems on impedance networks have roughly analogous theorems in relay circuits. Notable among these are the delta-wye and star-mesh transformations, and the duality theorem.

1938

Claude Shannon (1916-2001)



<http://www.newyorker.com/tech/elements/claude-shannon-the-father-of-the-information-age-turns-1100100>

THE
MATHEMATICAL
THEORY OF
COMMUNICATION



CLAUDE E. SHANNON

WARREN WEAVER

in ogni caso,
il passaggio da idea (per quanto
brillante) alla sua realizzazione
richiede
una “**necessità sociale**”:
quale per il **computer**?

Seconda Guerra Mondiale

“Necessità sociale” per il computer

Germania: progetto missili

UK: decifrazione della macchina
tedesca “Enigma”

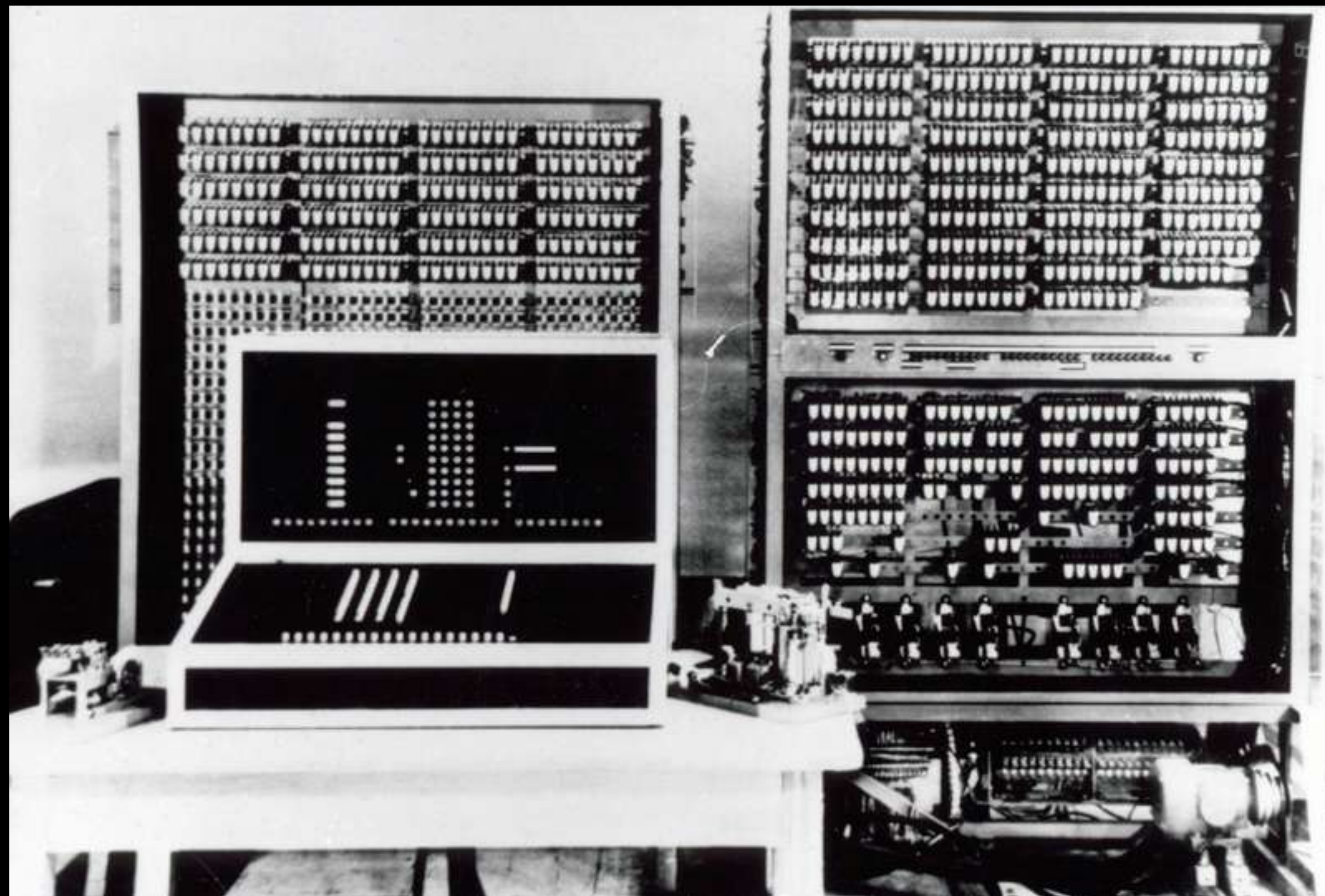
USA: prima tabelle balistiche, poi
sviluppo della bomba atomica

DE



Nel **1941** il giovane ingegnere
berlinese **Konrad Zuse** completa (in
totale isolamento rispetto a sviluppi in
altri paesi) la **Z3**.

Lo **Z3** è **il primo computer
programmabile della storia** (che
quindi è europeo, non americano).



Lo Z3 è elettromeccanico (usa relay).

Una replica (costruita sotto la supervisione di Zuse, che morì nel 1995) è in visione dal Deutsches Museum a Monaco di Baviera.

A causa della devastazione della Germania dopo la guerra, Zuse ci metterà anni (1949) a completare il lavoro sulla Z4.

UK

GUERRA DELL'ATLANTICO

Le battaglie subacquee di Churchill

26/07/15

di Roberto Coaloa

Una guerra subacquea nell'Atlantico, totale e atroce, senza esclusioni di colpi, ha coinvolto le potenze europee nel Novecento. Era il mondo dei nostri nonni e dei nostri genitori, ieri, cento, settanta anni fa. Oggi, tuttavia, una guerra subacquea come quelle del 1914-18 e del 1939-45 appare di fatto impensabile.

Eppure, sostiene Antonio Martelli, la lezione di quelle due guerre, di quelle due campagne o battaglie, come sono state chiamate dopo che Churchill ebbe così battezzato la seconda di esse, non è andata perduta: «Questa lezione è che il potere navale resta in ultima analisi quello decisivo: Ger-

mania, Italia e Giappone persero la guerra perché gli Alleati strapparono loro, più o meno rapidamente, il controllo dei mari».

Il dibattito sulla necessità di controllare i mari con una grande Marina da guerra è antico. Nell'Ottocento prevaleva la scuola di Lord Nelson, la condotta della guerra in mare, al pari di quella in terra, ha una sola meta, compresa nelle parole che compendiano l'arte della guerra napoleonica: «Lo scopo essenziale da raggiungersi nella guerra in mare è: battere la flotta nemica». Il potere navale, nel Novecento caratterizzò le strategie militari. I lupi di mare che comandarono la grande flotta germanica, pur avendo una Marina inferiore a quella britannica, non dimenticarono mai il compito dell'offensiva, lottando continuamente per il dominio del mare. I tedeschi supplirono

colla qualità al numero, potenziando la guerra subacquea.

«Battaglia dell'Atlantico» fu un'espressione coniata da Churchill e da lui stesso usata la prima volta il 6 aprile 1941 con riferimento alla drammatica guerra che era condotta ogni giorno in Atlantico tra sommergibili germanici, convogli e navi scorta alleate. Sostanzialmente fu una grande battaglia strategica, il seguito aggiornato di quella avvenuta nelle stesse acque poco più di venti anni prima, durante la Grande Guerra, e fu anche, in realtà, la vera guerra della Marina germanica.

Nella Prima guerra mondiale, il fondatore della potenza navale tedesca fu Alfred Tirpitz. Nella Seconda, l'ammiraglio Karl Dönitz, che fu nominato Befehlshaber der Unterseeboote, ossia comandante in capo

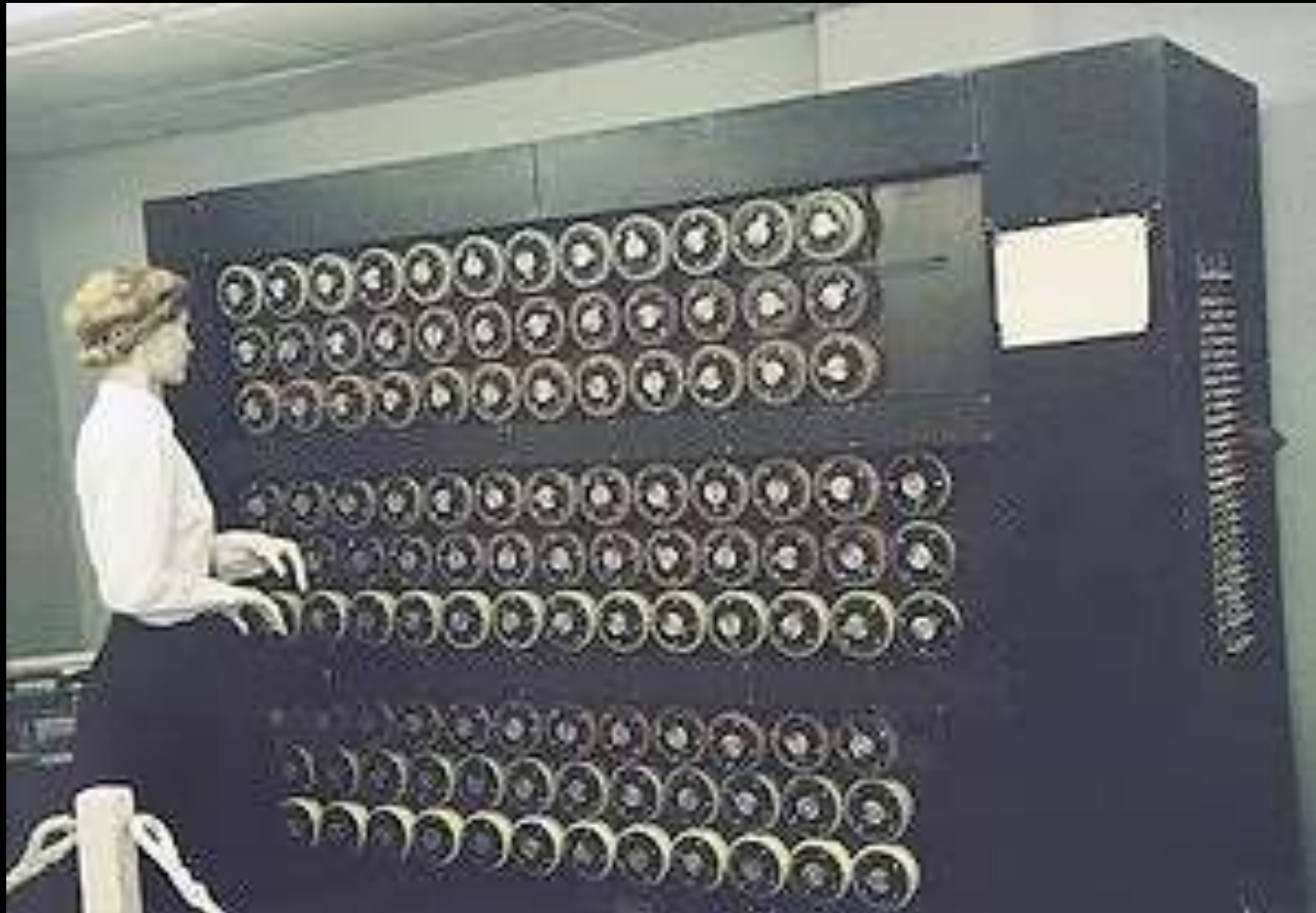
dei sommergibili. Fra i comandanti della Kriegsmarine vi era Günther Prien, un uomo che sul mare era nato – era di Lubecca – e aveva trascorso tutta la sua vita di lavoro. Da capitano di lungo corso della Marina mercantile, Prien diventò l'intrepido affondatore di navi inglesi con il suo sommergibile U-47: *Der Stier von Scapa Flow*. Martelli racconta tutte queste storie, di uomini e sottomarini, con uno stile brillante, elegante. Una bella novità per il libro storico di divulgazione, rivolto non tanto agli specialisti quanto al lettore medio.

© RIPRODUZIONE RISERVATA

Antonio Martelli, Le due Battaglie dell'Atlantico. La guerra subacquea, 1914-18 1939-45, il Mulino, Bologna, pagg. 378, € 25,00

Nel 1941 a **Bletchley Park vengono costruite delle “Bombe”, calcolatori elettro-meccanici per ridurre i tempi di crittoanalisi dei messaggi generati dai tedeschi con la macchina di cifratura “Enigma”.**

Alan Turing è uno dei principali membri del gruppo.





Inizialmente il loro gruppo ha poche risorse e incontra numerose difficoltà. Decidono allora di violare le regole e scrivere direttamente al Primo Ministro Winston Churchill.



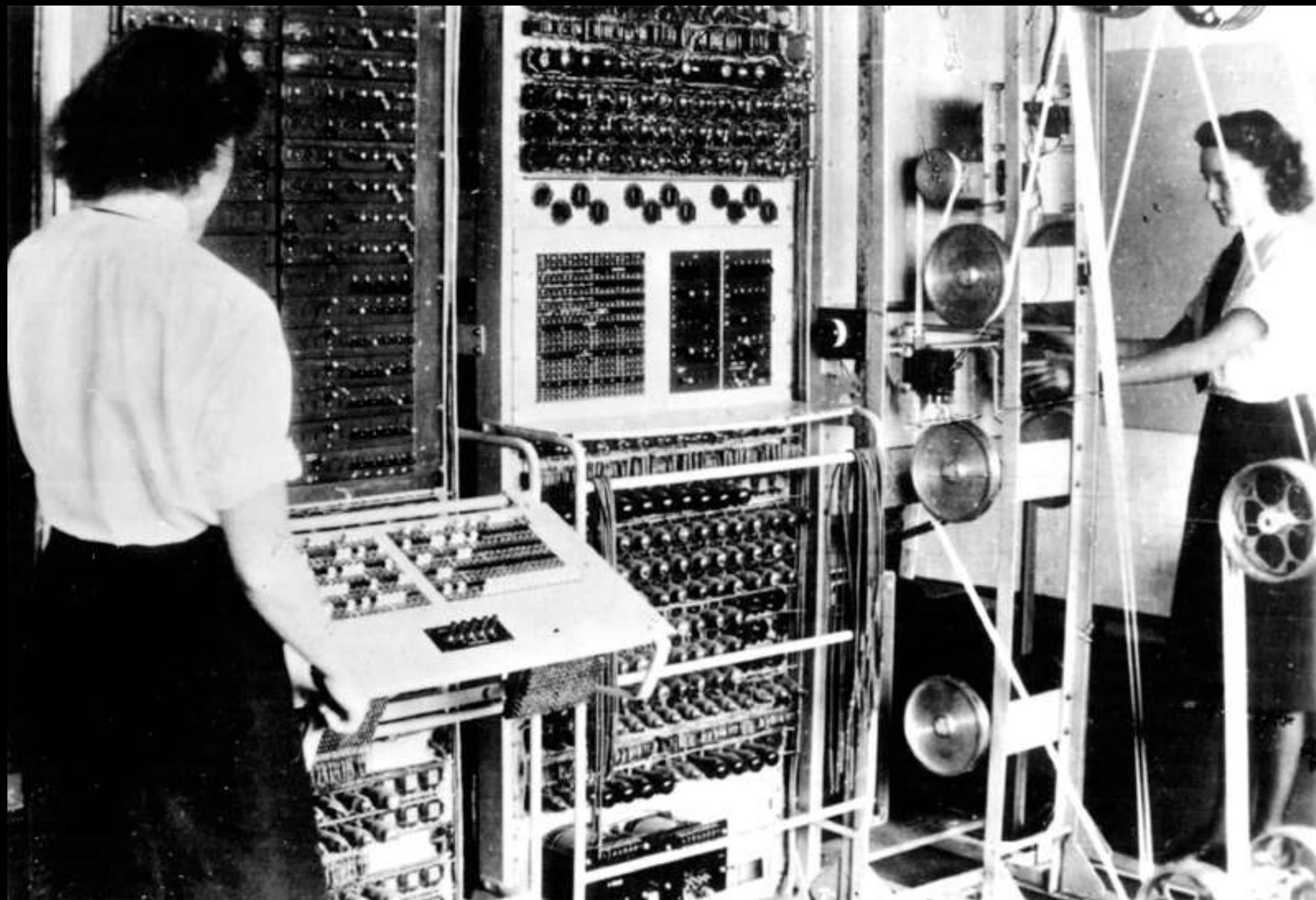
**Winston Churchill,
oltre al resto, è da
sempre appassionato
di scienza e
tecnologia e capisce
immediatamente la
necessità di
sostenere il lavoro di
Turing, per cui ordina:**

**“AZIONE IMMEDIATA. Accertatevi che abbiano
tutto quello che serve loro. Voglio essere
tenuto personalmente informato.”**

Nel 1944 viene completato il
“**Colossus**”, progettato per decifrare
la macchina di cifratura tedesca
“Lorenz”.

**I tempi di decrittazione scendono da
settimane a poche ore.**
Ne verranno costruite 10.

Resteranno segrete fino agli anni '70.



La decrittazione dei messaggi tedeschi dona agli inglesi (e agli americani) un vantaggio militare enorme.

Per il suo contributo, Alan Turing riceve da Re Giorgio IV la prestigiosa onorificenza dell'Order of the British Empire (OBE).

ALCUNI RIFERIMENTI:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Bombe>

e

il LIBRETTO “Solving the Enigma:
History of the Cryptanalytic Bombe”

<https://www.nsa.gov/about/cryptologic-heritage/historical-figures-publications/publications/wwii/secret-adam-eve.shtml>

Sulla 1a Guerra Mondiale:
https://en.wikipedia.org/wiki/Room_40

E' il caso di ricordare **cosa successe a Alan Turing dopo la guerra.**

Nel gennaio del 1952 Turing (che ha 39 anni) stabilisce un rapporto con un giovane, Arnold Murray. Pochi giorni dopo la sua casa viene svaligiata. Murray gli dice di conoscere chi è stato. Turing allora denuncia la persona. Durante le indagini, Turing ammette tranquillamente la sua omosessualità.

**Purtroppo però in quegli anni
in UK l'omosessualità
è reato ('gross indecency').**

**Nel giro di poche settimane Turing
viene condannato e costretto a
scegliere tra la prigionia e un
trattamento ormonale (un estrogeno
sintetico) della durata di un anno.**

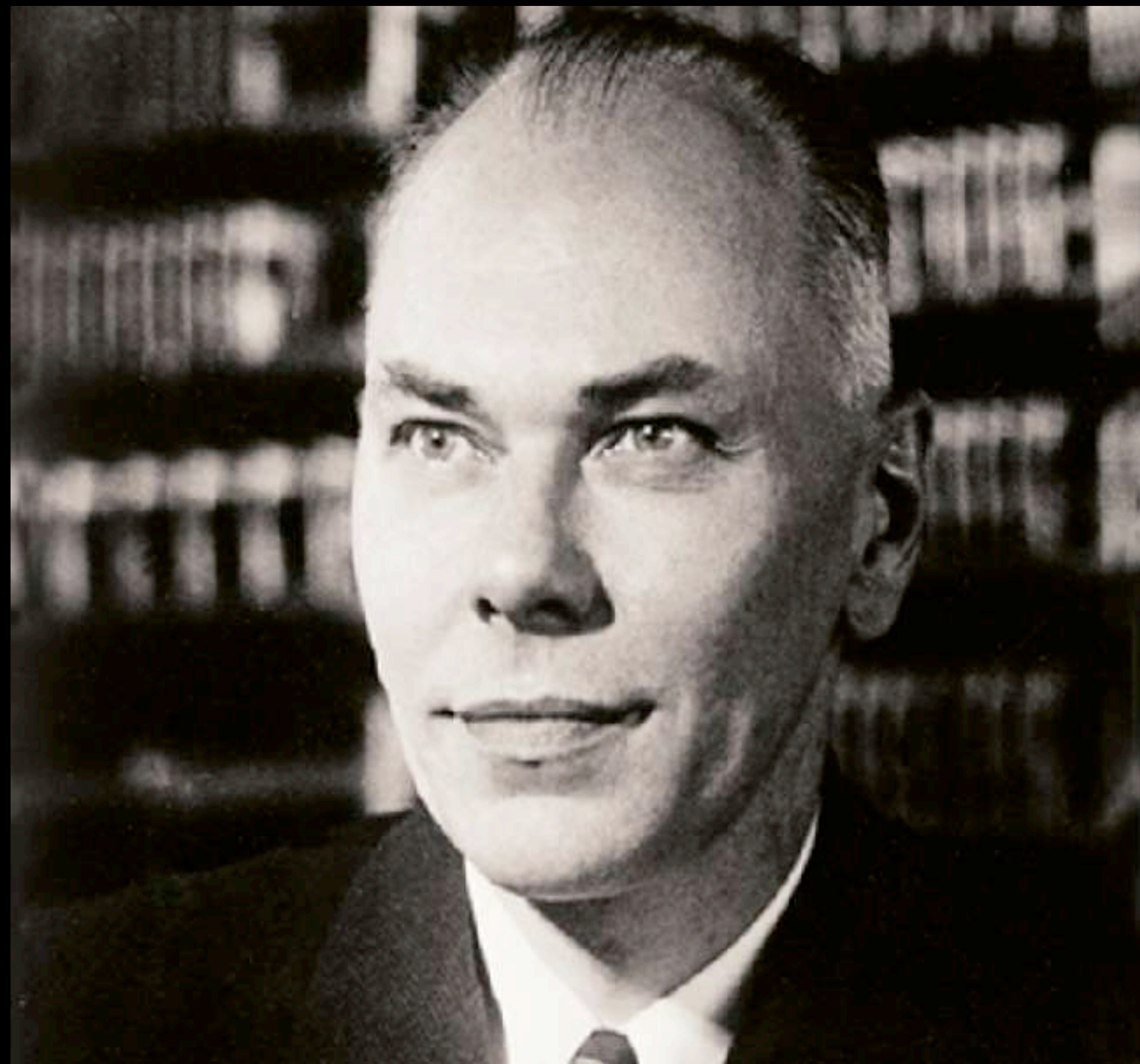
Turing sceglie il trattamento.

**Il trattamento lo rende impotente e gli
fa crescere il seno.**

**Come conseguenza della condanna,
Turing perde le credenziali per
lavorare ai progetti di intelligence e gli
USA gli negano l'ingresso nel paese**

**Il 7 giugno 1954, all'età di 41 anni, si
suicida col cianuro.**

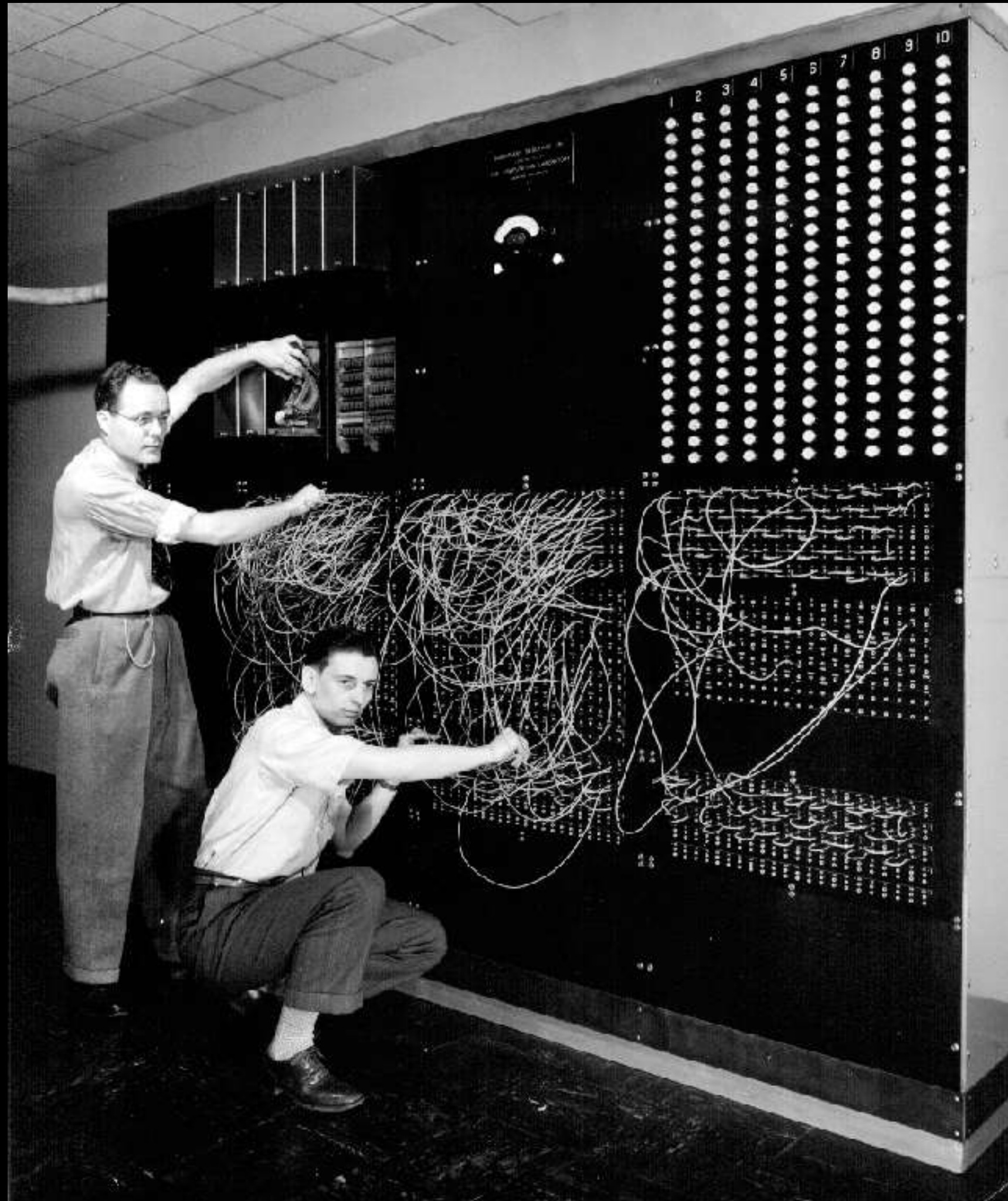
USA



Howard Aitken
(1900-1973)

Howard Aitken, professore di business a Harvard, odiava (come tanti prima di lui) fare calcoli a mano. Già nel **1937** ha idee per una macchina elettro-meccanica per automatizzare i calcoli. Arriva a parlare con **IBM** e con la **Marina**.

Con un contratto della Marina e un milione di dollari dall'Amm. Delegato di IBM (il leggendario Watson), Aitken nel 1939 inizia a costruire la sua macchina, che chiamerà la Harvard Mark 1.



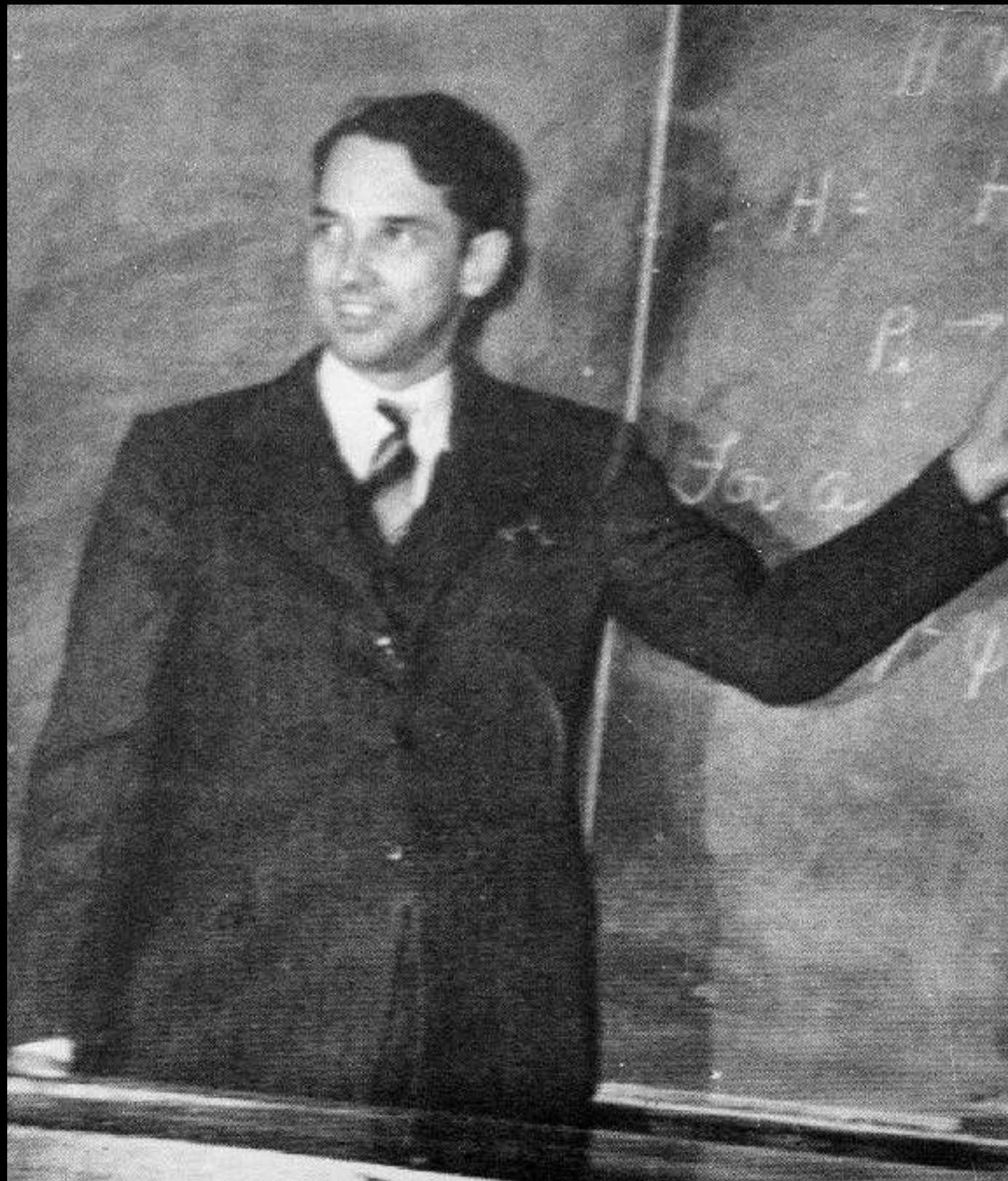
Presentata al pubblico come “**Cervello Robot**” in un tribudio di luci, cavi e schede perforate, la Mark 1 impressiona tutti, **ma non c'è ancora una vera 'necessità sociale'...**

Scoppio della guerra e **la crisi delle tavole balistiche**

In the wake of World War I and the increased mobility of military equipment, much more accurate and timely methods for firing were needed. Veblen (Princeton) undertook the creation of trajectory tables that would take into consideration variables such as altitude, wind, temperature, shell materials, azimuths and the like to achieve specific firing distances.

But Veblen's most important contribution to the topic at hand stems from his work and interest in Each table of 3,000 entries required many multiplications, by hand taking on average twelve hours of error prone work. Traveling back and forth between Princeton and the Aberdeen Proving Ground, Veblen often thought about how to speed up the work and make the calculation process more efficient.

<https://www.princeton.edu/turing/alan/history-of-computing-at-p/>



John V. Atanasoff
(1903-1995)

Nel **1940-2** il primo computer elettronico digitale ideato, progettato e costruito allo State College of Iowa da **John V. Atanasoff** (un giovane professore di fisica) and Clifford Berry. Fu chiamato l'Atanasoff-Berry Computer (ABC).

I creatori dovettero lottare per farsi riconoscere la primogenitura.





John Mauchly
(1907-1980)

John Mauchly da anni cercava modi per ridurre il peso dei calcoli in varie discipline. Sente parlare Atanasoff nel 1940 e nell'estate del 1941 va a trovarlo in Iowa, dove discutono l'ABC, e in particolare **l'uso di valvole.**

Nel 1942 pubblica l'articolo "The Use of High Speed Vacuum Tube Devices for Calculating", che porta direttamente al progetto dell'**ENIAC.**

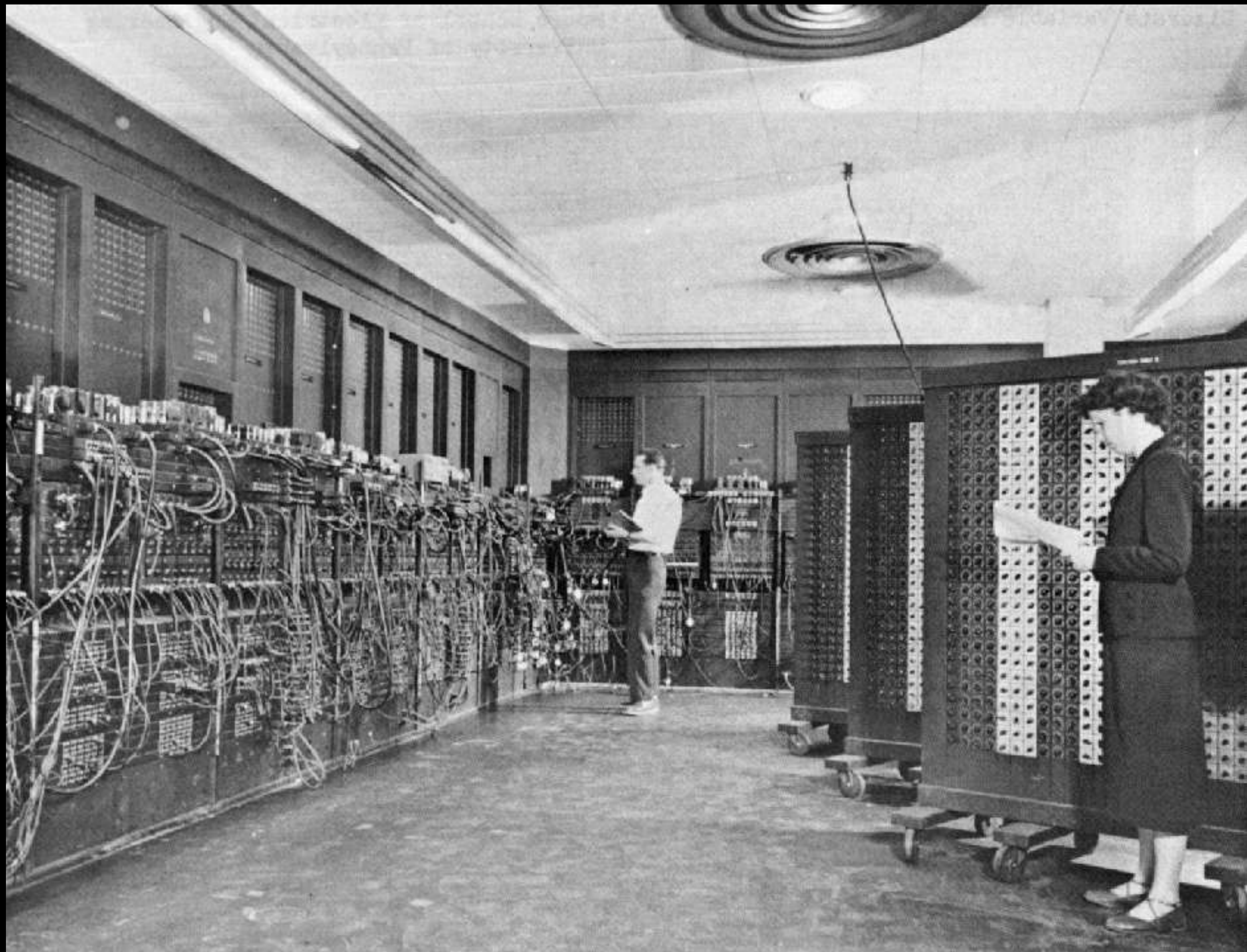
Un ufficiale della Marina che si occupa di tavole balistiche (Ballistics Research Laboratory) viene a sapere delle idee di Mauchly (che sta alla University of Pennsylvania) e nel 1943 discute con lui la produzione di un calcolatore elettronico a valvole: nasce il progetto ENIAC: 'Electronic Numerical Integrator and Computer'

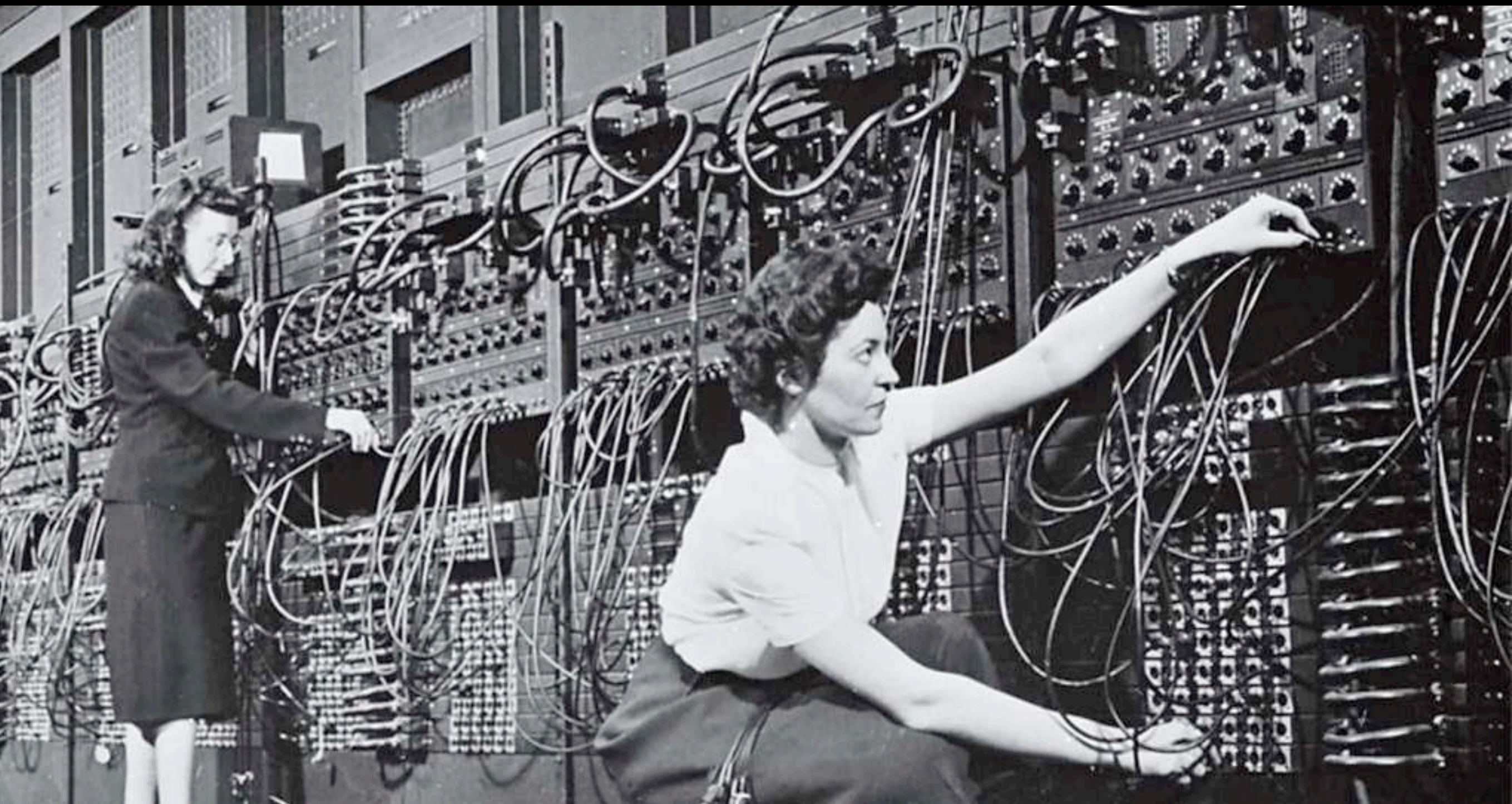
Una difficile impresa ingegneristica:
18.000 valvole pulsanti 100.000 volte
al secondo.

Molto costoso, ingombrante.

Tuttavia:

- 1. funziona** (grazie a un bravissimo ingegnere, Presper Eckert);
- 2. è molto veloce.**





Completato un anno dopo la fine della guerra, ma comunque importante, in particolare per la velocità:

“[W]e chose a trajectory of a shell that took 30 seconds to go from the gun to the target. Remember that girls [sic] could compute this in three days, and the differential analyser could do it in 30 minutes. The ENIAC calculated this 30-second trajectory in just 20 seconds, faster than the shell itself could fly.”

**Progetto successivo
di Mauchly ed Eckert:
EDVAC**

**Electronic Discrete Variable Automatic
Computer**

Binario, invece di decimale

Più memoria

Più veloce

Iniziato nel 1946, consegnato nel 1949



**John von
Neumann**
(1903-1957)



Neumann János Lajos
Budapest

**Nel 1930 a 27 anni
invitato a Princeton**

**Oltre a inventare molti algoritmi,
von Neumann propone di usare la
stessa memoria per memorizzare
sia dati sia programmi**

Architettura di von Neumann **(o “Princeton”)**

**In realtà idea già espressa da
Babbage, Turing, Mauchly,
Eckert....**

**Più che Von Neumann,
è Turing il vero “padre” del computer**
(e Von Neumann sarebbe stato
d'accordo con questa affermazione)

Name	First operational	Numeral system	Computing mechanism	Programming	Turing complete	Memory
Difference Engine	Not built until the 1990s	Decimal	Mechanical	Not programmable; initial numerical constants of polynomial differences set physically	No	Physical state of wheels in axes
Analytical Engine	Not yet built	Decimal	Mechanical	Program-controlled by punched cards	Yes	Physical state of wheels in axes
Bombe (Poland, UK, US)	1939 (Polish), March 1940 (British), May 1943 (US)	Character computations	Electro-mechanical	Not programmable; cipher input settings specified by patch cables	No	Physical state of rotors
Zuse Z3 (Germany)	May 1941	Binary floating point	Electro-mechanical	Program-controlled by punched 35 mm film stock	In principle	Mechanical relays
Atanasoff–Berry Computer (US)	1942	Binary	Electronic	Not programmable; linear system coefficients input using punched cards	No	Regenerative capacitor memory
Colossus Mark 1 (UK)	December 1943	Binary	Electronic	Program-controlled by patch cables and switches	No	Thermionic valves (vacuum tubes) and thyatrons
Harvard Mark I – IBM ASCC (US)	May 1944	Decimal	Electro-mechanical	Program-controlled by 24-channel punched paper tape (but no conditional branch)	No	Mechanical relays ^[40]
Zuse Z4 (Germany)	March 1945 (or 1948) ^[41]	Binary floating point	Electro-mechanical	Program-controlled by punched 35 mm film stock	Yes	Mechanical relays
ENIAC (US)	July 1946	Decimal	Electronic	Program-controlled by patch cables and switches	Yes	Vacuum tube triode flip-flops
Manchester Baby (UK)	1948	Binary	Electronic	Binary program entered into memory by keyboard ^[42] (first electronic stored-program digital computer)	Yes	Williams cathode ray tube

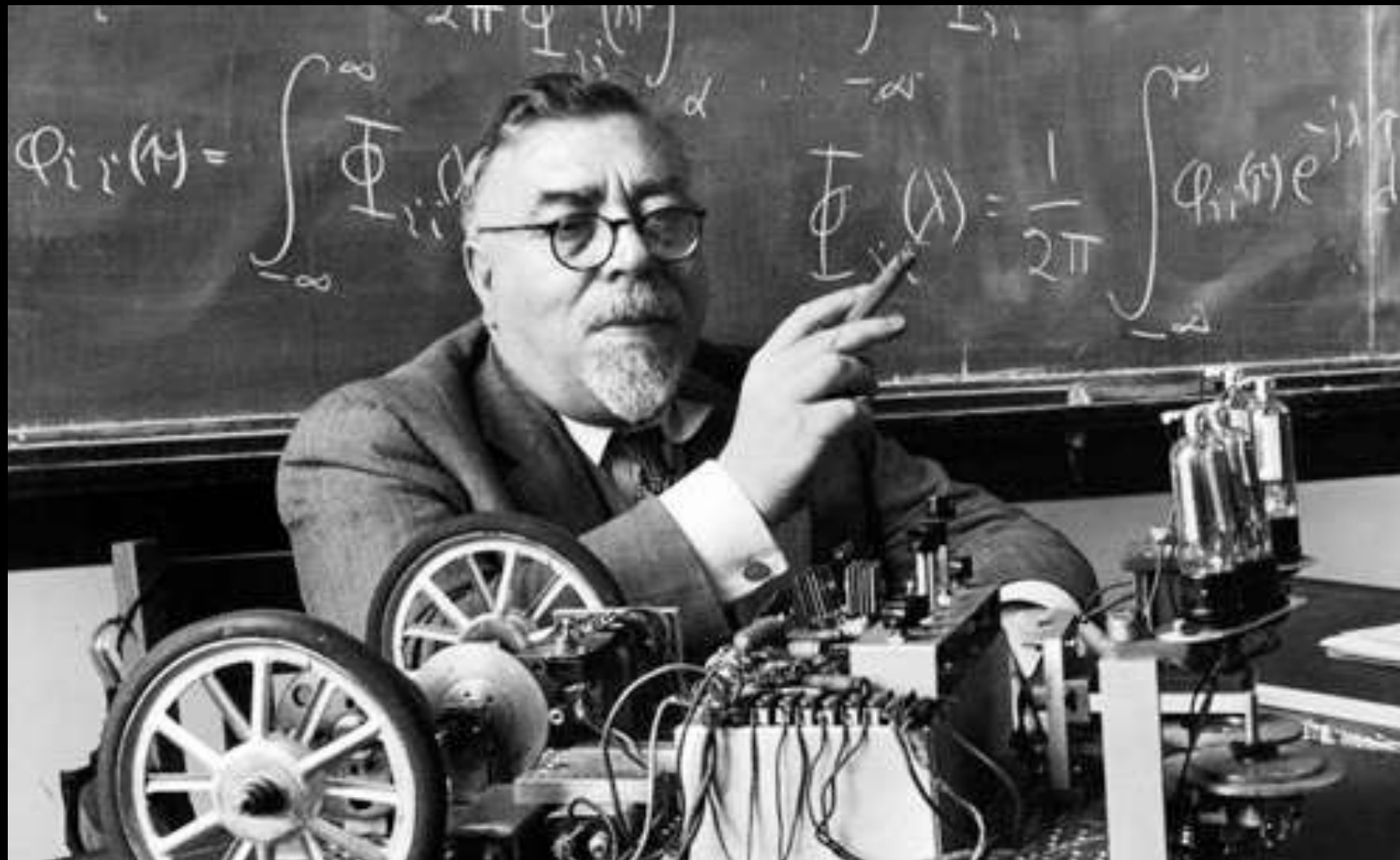
https://en.wikipedia.org/wiki/Analytical_Engine

Per una storia (sintetica) del computer:

<http://www.computerhistory.org/timeline/?category=cmptr>

Negli anni successivi progressivo
passaggio da fare calcoli velocemente
a **manipolazione automatica di simboli**

Si inizia a parlare di
‘intelligenza artificiale’



Norbert Wiener
(1894-1964)

MIT Radar Lab

**modellare anche l'uomo,
non solo la macchina**



In the winter of 1947, Wiener began to speak about holding a seminar that would bring together the scientists and engineers who were doing work on what he called communications. He was launching his vision of cybernetics in which he regarded signals in any medium, living or artificial, as the same; dependent on their structure and obeying a set of universal laws set out by Shannon. In the spring of 1948, Wiener convened the first of the weekly meetings that was to continue for several years. Wiener believed that good food was an essential ingredient of good conversation, so the dinner meetings were held at Joyce Chen's original restaurant, now the site of an MIT dorm. The first meeting reminded me of the tower of Babel, as engineers, psychologists, philosophers, acousticians, doctors, mathematicians, neurophysiologists, philosophers, and other interested people tried to have their say. After the first meeting, one of us would take the lead each time, giving a brief summary of their research, usually accompanied by a running commentary by Wiener, to set the stage for the evening's discussion. As time went on, we came to understand each other's lingo and to understand, and even believe, in Wiener's view of the universal role of communications in the universe. For most of us, these dinners were a seminal experience which introduced us to both a world of new ideas and new friends, many of whom became collaborators in later years. Wiener's theme was that the organization of symbols, not their physical embodiment, bonded us together, whatever our disciplinary origins.

la cibernetica **(a Ovest e a Est)**

Cibernetica viene dal greco, stessa
radice di “**governare**”
(una barca, un sistema, ecc.)

Cibernetica secondo Wiener (1948):
**“lo studio scientifico del controllo e
della comunicazione negli animali e
nelle macchine”**

Cibernetica:

**Approccio transdisciplinare
all'esplorazione di sistemi di (auto)
regolazione, le loro strutture, i loro
vincoli e le loro possibilità.**

Si parla di cibernetica quando il sistema incorpora del **feedback, ovvero, il sistema genera un cambiamento nell'ambiente, che a sua volta si riflette sul sistema, provocando un cambiamento.**

**approccio potenzialmente applicabile
a moltissime discipline (biologia,
controlli automatici, economica, ecc.)**

cibernetica ed economia

computer e URSS

MESM – the first universally programmable electronic computer in continental Europe, created in Kiev, USSR (1951)



computer e Cina

Computer cinese, 1973





<https://everydaylifeinmaoschina.org/2016/08/14/a-chinese-made-computer-from-1973/>

http://news.xinhuanet.com/photo/2005-08/25/content_3401485_1.htm

<http://pkucc50.pku.edu.cn/fzlc/tpjj/index.htm>

Principali innovazioni tecnologiche

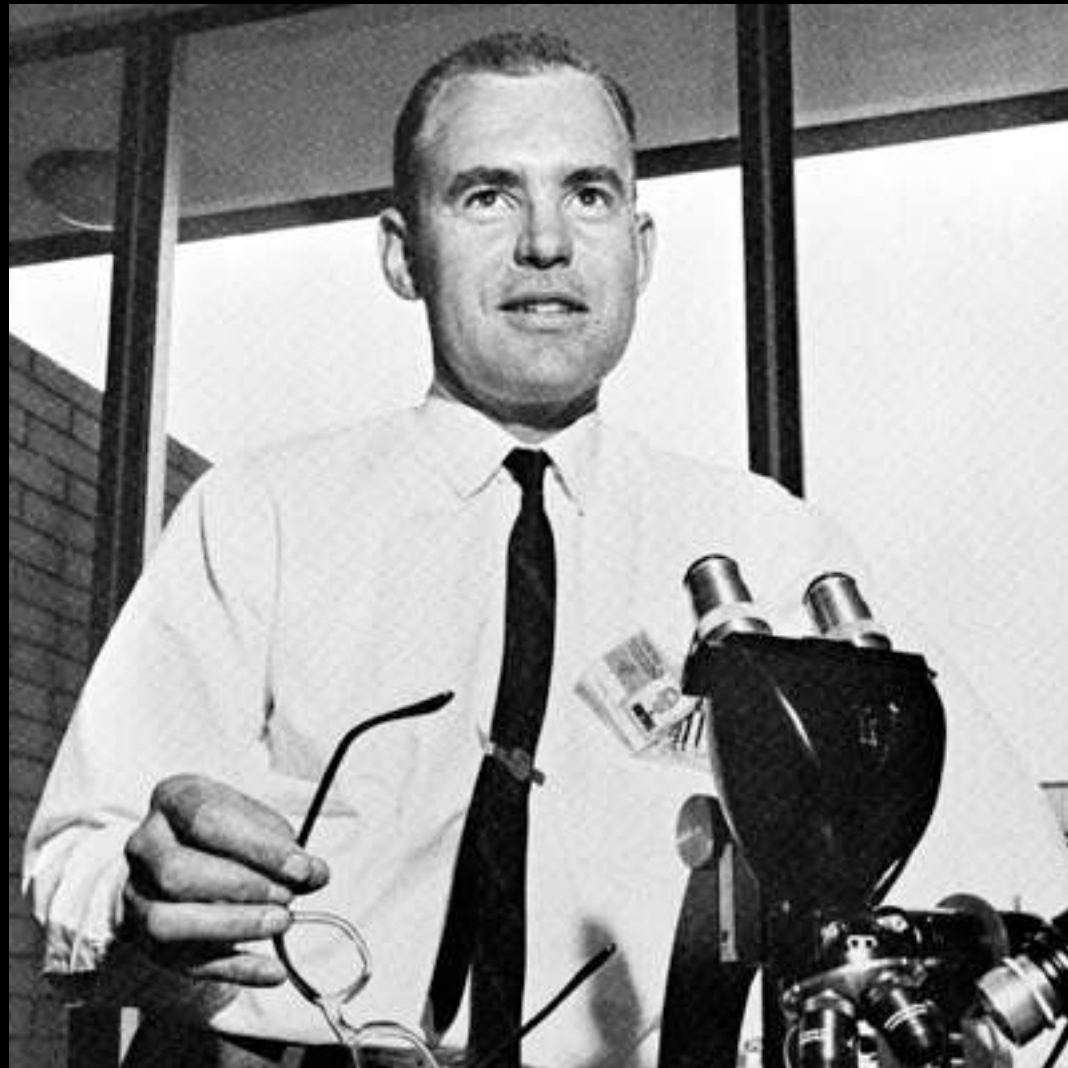
- **transistor** (al posto delle valvole; ideazione nel 1926, realizzazione solo nel 1947)
- **circuito integrato** (Jack Kilby, 1958)
- **microprocessore** (1969, v. slide successive)
- **mini, micro e personal**
- **costante miglioramento della tecnologia di immagazzinamento dati**



1956

**A 5MB
hard drive
being
loaded
onto a
PanAm
plane.**

La “legge” di Moore (1965)



“Il numero di transistor su un circuito integrato **raddoppia** ogni anno (poi ogni 18 mesi, poi ogni due anni...) con incremento minimo del prezzo.”

*-Gordon Moore
(1929-vivente, capo R&D di Fairchild Semiconductors)*

Una copia del suo visionario articolo del 1965 è disponibile qui (via New York Times): http://www.monolithic3d.com/uploads/6/0/5/5/6055488/gordon_moore_1965_article.pdf

La “legge” di Moore (1965)

Crescita esponenziale della capacità di calcolo.

Rispetto alla prima CPU Intel (il 4004 del 1974) l'ultima CPU di Intel (Core i5) ha:

- prestazioni 3.500 volte superiori
- 90.000 volte più energeticamente efficiente
- 60.000 volte più economico (facendo le proporzioni)

Fonte: Intel's C.E.O., Brian Krzanich, citato da Friedman sul New York Times

Soppressione potenziale radicale:

- **scarso interesse da parte delle aziende**
- **ostilità verso computer di piccole dimensioni
(preferenza per la centralizzazione della tecnologia)**
- **lenta adozione di linguaggi di programmazione**

ANCHE L'ITALIA HA UN RUOLO



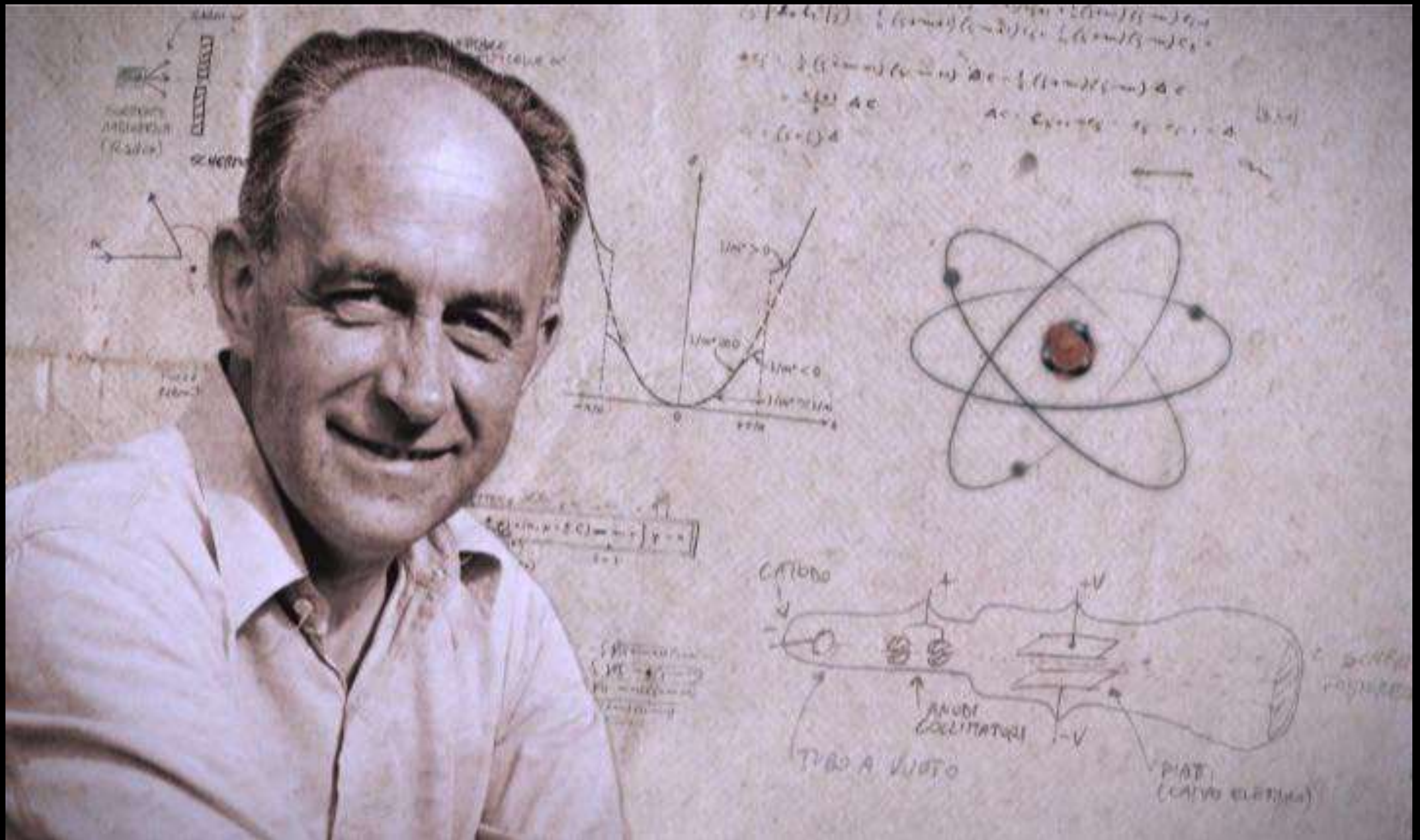
Giorgio Giunchi
(1950-2016)

<http://cctld.it>

“Sino alla metà degli anni '50 in Italia i calcolatori elettronici sono macchine pressoché sconosciute: enormi, costose, difficili da usare, non hanno mercato.

Il primo calcolatore arriva nel 1954, quando il Politecnico di Milano acquista in California un sistema CRC; lo porta dall'America il prof. Luigi Dadda, che ha personalmente seguito la messa a punto presso il costruttore.”

<http://www.storiaolivetti.it/percorso.asp?idPercorso=628>



Enrico Fermi
(1901-1954)

Pera di Fassa (Trento) 11 Agosto 1954

Prof. Avanzi
Magnifico Rettore
Università di Pisa

Caro Professore,

in occasione del mio soggiorno alla Scuola di Varenna i professori Conversi e Salvini mi hanno accennato la possibilità che l'Università di Pisa possa disporre di una somma veramente ingente destinata a favorire il progresso e lo sviluppo della ricerca in Italia.

Interrogato circa le varie possibilità di impiego di tale somma, quella di costruire in Pisa una macchina calcolatrice elettronica mi è sembrata, fra le altre, di gran lunga la migliore.

Essa costituirebbe un mezzo di ricerca di cui si avvantaggerebbero in modo, oggi quasi inestimabile, tutte le scienze e tutti gli indirizzi di ricerca.

Mi consta che l'Istituto per le Applicazioni del Calcolo, diretta dal prof. Picone, ha in corso di acquisto una macchina del genere. Non mi sembra però che questa circostanza diminuisca il bisogno che di tale macchina verrà ad avere un centro di studi come l'Università di Pisa. L'esperienza dimostra che la possibilità di eseguire con estrema speditezza e precisione calcoli elaborati crea ben presto una sì grande domanda di tali servizi che una macchina sola viene presto saturata. A questo si aggiungono i vantaggi che ne verrebbero agli studenti e agli studiosi che avrebbero modo di conoscere e di addestrarsi nell'uso di questi nuovi mezzi di calcolo.

Con molti cordiali e distinti saluti.

(Enrico Fermi)

Caldes (TN) 24-8-1954

Cara Eccellenza

La ringrazio vivamente della lettera che Ella mi ha indirizzato in data 11 c.m. e che mi è stata trasmessa qui.

Sono lieto che i colleghi Conversi e Salvini L'abbiano intrattenuta sulla possibilità di dotare l'Università di Pisa attraverso l'Istituto di Fisica di un apparecchio scientifico di importanza nazionale.

Le sono molto grato della gentile indicazione che sarà tenuta nel massimo conto. Spero che i colleghi Le avranno recato il saluto della Università- La Sua Università, e il mio. Con l'invito di sostare a Pisa se il tempo Glielo potesse consentire, e ciò anche per confortare e avvalorare l'opera dei due giovani e valorosi colleghi che stanno prodigandosi per preparare il congresso nazionale di Fisica del prossimo anno, nell'Istituto ormai risorto dalle rovine della guerra, ove Ella iniziò la Sua vita scientifica, e ove Ella è al più tardi atteso - primo tra i primi- quando il congresso si attuerà.

Con deferente cordialità e auguri

(Enrico Avanzi)

A Sua Eccellenza

Prof. Enrico Fermi

Pozza di Fassa

Sviluppo della CEP: **la Calcolatrice Elettronica Pisana**

La CEP fu realizzata come prima macchina pilota nel 1957, grazie agli sforzi di Marcello Conversi, direttore del Dipartimento di Fisica, e di Alessandro Faedo, matematico, poi preside della Facoltà di Scienze, Rettore dell'Università di Pisa e Presidente del CNR. La CEP era già dotata di circuiti a transistor, era microprogrammata ed era dotata di una delle prime applicazioni del linguaggio Fortran mai realizzate.

Lo sviluppo della CEP presso il Dipartimento di Fisica fu accompagnato da un'importante attività progettuale presso **un laboratorio della Olivetti a Barbaricina**, un sobborgo di Pisa, che portò allo sviluppo della linea di calcolatori **Olivetti Elea**.

Attualmente è conservata presso il Museo nazionale degli strumenti per il calcolo a Pisa.

Olivetti



Adriano Olivetti
(1901-1960)

Per saperne di più su Adriano Olivetti:

- **Treccani**: http://www.treccani.it/enciclopedia/adriano-olivetti_%28Dizionario-Biografico%29/
- Profilo incluso nel libro di Geminello Alvi ***“Uomini del Novecento”*** (Adelphi)



Mario Tchou
(1924-1961)



Foto di gruppo dei tecnici elettronici di **Borgolombardo** (Milano), dal 1958 sede del Laboratorio di Ricerche Elettroniche della Olivetti, guidato da **Mario Tchou**. Nella foto, pubblicata anche dal settimanale Epoca che nel 1959 dedica un servizio alla nascita dell'elettronica in Italia, compaiono tra gli altri Mario Tchou e Ettore Sottsass Jr (prima fila) e Pier Giorgio Perotto (terza fila). <http://www.storiaolivetti.it/template.asp?idOrd=2&idPercorso=627#viewfoto>



La foto ritrae **Mario Tchou**, al centro, a Ivrea nel 1961 in occasione della visita dell'industriale tedesco **Krupp** (il primo a sinistra) agli stabilimenti Olivetti.

<http://www.storiaolivetti.it/fotogallery.asp?idPercorso=628&idOrd=2>

Elea classe 9000
ELaboratore Elettronico Aritmetico

l'Elea 9000, il primo calcolatore elettronico italiano tutto a transistor e che, nell'evoluzione 9003 del 1959, sarebbe diventato il primo computer mainframe nel mondo, il primo computer commerciale a transistor, ricco di innovazioni come la costruzione logico-sistemistica, il multitasking; una tecnologia da primato assoluto resa ancora più straordinaria dal design sofisticato di Ettore Sottsass

“Fu commercializzato alcuni mesi dopo l'uscita del concorrente 2002 della Siemens, che utilizzava però ancora alcune valvole, e vari mesi prima del lancio del 7090, il primo computer IBM interamente a transistor.”

(fonte: Wikipedia)





Elea classe 9000

ARMANDO
ARCHIVIO
STORICO
OLIVETTI



TCR 01:00:22:19
PLAY LOCK



documentario di Nelo Risi, 1960, 31'.

Dal minuto 6.20 si può vedere anche un
breve intervento di Mario Tchou

<https://youtu.be/IUhSYR68PqQ>

ASSOCIATO
ARCHIVIO
STORICO
OLIVETTI



La memoria del futuro

TCR 01:45:35:03
PLAY LOCK

documentario sui calcolatori di Nelo Risi, 12'50''

<https://youtu.be/dm0iLXrGXok>

Mario Tchou considerava l'Italia *«allo stesso livello dei paesi più avanzati nel campo delle macchine calcolatrici elettroniche dal punto di vista qualitativo. Gli altri però ricevono aiuti enormi dallo Stato. Gli Stati Uniti stanziavano somme ingenti per le ricerche elettroniche, specialmente a scopi militari. Anche la Gran Bretagna spende milioni di sterline. Lo sforzo di Olivetti è relativamente notevole, ma gli altri hanno un futuro più sicuro del nostro, essendo aiutati dello Stato»*

**DISCORSO DI ADRIANO OLIVETTI
DEL 1959 ALLA PRESENTAZIONE
DELL'ELEA 9000**

(incluso nel materiale didattico sul portale)



il 27 febbraio 1960 muore
all'età di 58 anni
Adriano Olivetti

L'improvvisa morte in Svizzera dell'ing. Adriano Olivetti

Un industriale moderno ed uno spirito religioso

Il padre nell'affidargli la direzione della fabbrica gli aveva detto: "Tu puoi fare qualunque cosa, tranne licenziare qualcuno per l'introduzione di nuovi metodi...". E l'ing. Adriano portò le maestranze da poche centinaia a 25 mila - Lo scopo della sua vita: migliorare la sorte degli uomini - Lutto nelle fabbriche e in tutto il Canavese - Domani mattina i funerali ad Ivrea

Al primo incontro, il particolare che più vi colpiva di Adriano Olivetti erano gli occhi: di un azzurro intenso, e scrutatori. Se intorno a quegli occhi mettevate un viso largo, un cranio calvo nella parte mediana e circondato da una corona di capelli rossi, l'impressione che ne ricevevate era di trovarvi al cospetto di un pastore protestante. Quando poi venivate a conoscere il personaggio un po' più da vicino, la prima impressione si trasformava in un profondo convincimento: Adriano Olivetti era effettivamente un uomo immerso in una sua forte religiosità.

Egli credeva religiosamente nell'uomo. Era persuaso che non ci fosse creatura umana, per quanto abbruttita o primitiva, che non custodisse dentro di sé una scintilla di origine divina. E pensava che se gli uomini fossero stati aiutati dall'ambiente a camminare verso i quattro cardini dello spirito, l'amore e la bellezza, la giustizia e la verità, tutti i mali sarebbero spazzati via e la terra diventerebbe finalmente degna di ricevere il regno di Dio.

Queste idee non erano nuove, ma la cosa nuova era vedere un industriale, un uomo che aveva preso in mano una modesta industria e che le aveva dato dimensioni mondiali, adeguare fervidamente tutta la sua condotta privata e pubblica a quelle sue convinzioni evangeliche. Egli conseguentemente, ha vissuto la sua esistenza come una continua, e spesso solitaria, lotta; contemporaneamente si batteva con

prime macchine da scrivere italiane. In quell'epoca il mercato era dominato esclusivamente dalla produzione inglese e americana, e l'iniziativa sembrò molto rischiosa. Quanto difficili furono gli inizi, ve lo dirò con le stesse parole di Adriano Olivetti: «Mi ricordo ancora da bambino quando, forse per comprare una batteria, fu venduta una piccola cascina, erano forse cinque ettari; quando mio padre vendé un prato, per poche migliaia di lire, per pagare qualche debito urgente; mi ricordo quando vendé la casa paterna per affrontare qualche crisi o qualche vicissitudine della faticosa nascita dell'industria. E mi abbuttai a credere che niente d'importante e di duraturo nel mondo si crea o si produce senza fatica o senza personale sacrificio».

Ma quali erano le origini del sincero slancio che metteva Adriano Olivetti nel capire i problemi, i bisogni, perfino le malinconie della classe proletaria? E' ancora lui che racconta: «Mio nonno, il mio bisnonno e i loro padri tenevano un piccolo negozio di stoffe nel rione più povero e malsano della vecchia Ivrea». Si aggiunge che l'ing. Camillo, non appena Adriano si laureò al Politecnico di Torino, lo immatricolò come semplice operaio nella sua ditta; e pretese che il figlio facesse in tutto e per tutto la vita di un operaio.

Successivamente viaggiò a lungo negli Stati Uniti e nell'Inghilterra, e da quella prodica esperienza tornò a casa con idee rivoluzionarie. Il pa-



L'ultima fotografia dell'ing. Adriano Olivetti con la figlia Laura, di 9 anni, nella sua abitazione ad Ivrea

no la piena responsabilità della ditta.

Non staremo qui a farvi la storia della Olivetti. Diremo

più audace. Fu scelta, senza esitazione la seconda via. E fu proprio allora che la Olivetti partì decisamente alla

re dappertutto le sue idee di solidarietà cristiana. In gioventù era stato socialista, e insieme con Ferruccio Parri e

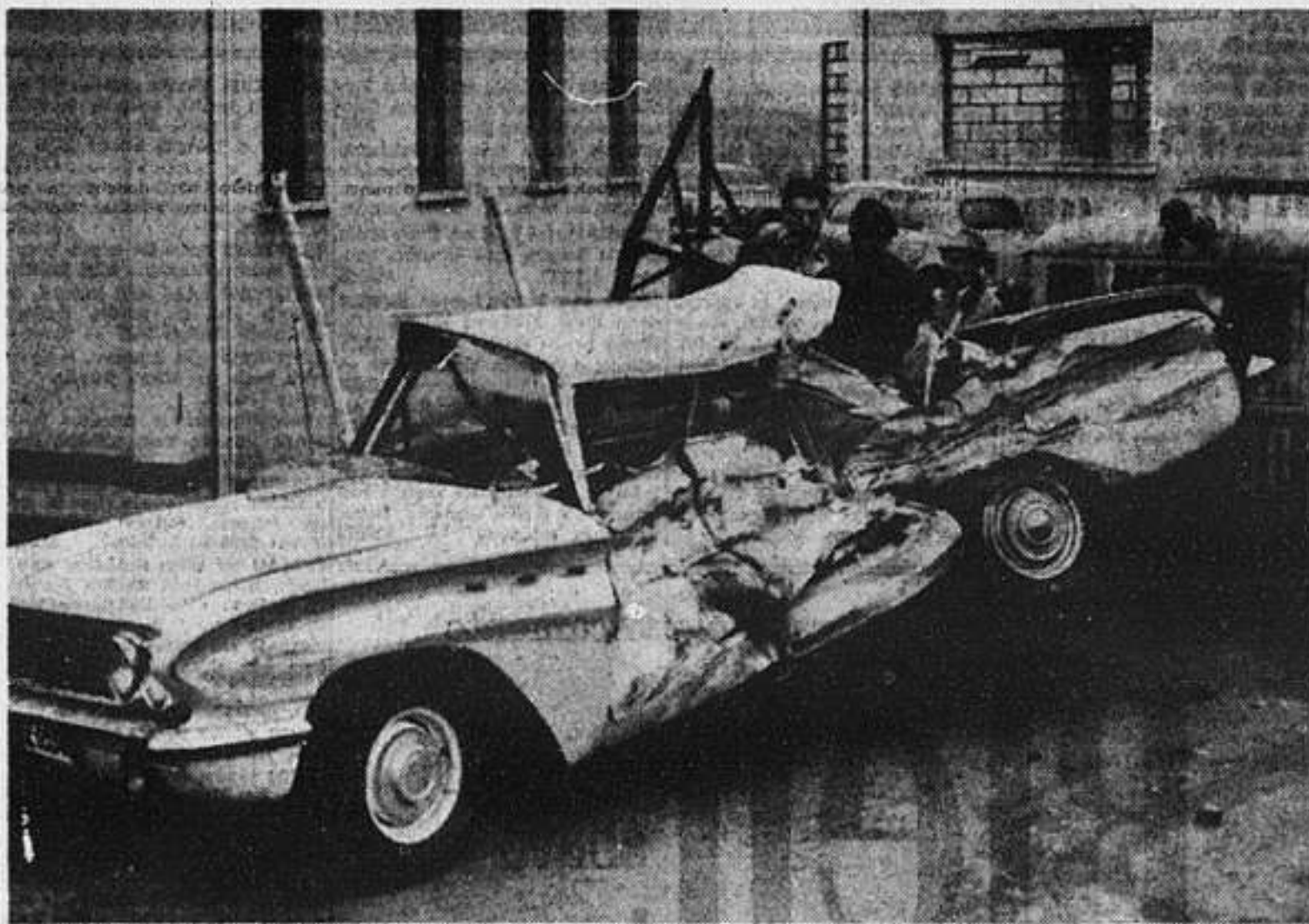
agli uomini divorati dalle città il senso della natura, l'amore per le piante, l'aspirazione all'aria pura.

il 9 novembre 1961 a Santhià
muore in un incidente d'auto,
all'età di 37 anni,
Mario Tchou

Ieri mattina, mentre pioveva, al ponte della ferrovia presso Santhià

Morti un dirigente dell'Olivetti e l'autista nello scontro con un camion sull'autostrada

Una delle vittime è l'ingegnere Mario Tchou di Milano, figlio di un ambasciatore cinese in Italia - Era diretto a Ivrea con una « Buick » pilotata da un dipendente del suo reparto - Sul cavalcavia la potente vettura ha sbandato forse a causa dell'asfalto viscido - Poi si è schiantata con violenza in un autocarro di Bergamo



La vettura americana con la fiancata sinistra semidistrutta dopo l'urto contro il camion nei pressi di Santhià

(Nostro servizio particolare)
Santhià, 9 novembre.

Un alto dirigente dell'Olivetti, ingegnere e docente di elettronica, è morto assieme all'autista in una spaventosa sciagura sull'autostrada Tori-

no-Milano: la sua potente macchina americana ha sbandato e si è schiantata sul fianco sinistro di un autocarro. Entrambi gli sventurati sono rimasti uccisi sul colpo. La morte li ha colti mentre, per

ragioni di lavoro, si dirigevano da Milano verso Ivrea, sede della società.

L'ing. Mario Tchou, un cittadino cinese nato ed abitante in Italia, è stato così stroncato tragicamente mentre era al

versità americana, la « Columbia University ».

Nel 1953 era venuto in Italia chiamato dall'Olivetti a dirigere il « Laboratorio di ricerche elettroniche », a Borgo Lombardo, nelle immediate vicinanze di Milano. Sotto la

tore, oltreché un grave lutto, costituisce un sensibile danno per l'azienda.

Pur avendo conservato la cittadinanza ed il passaporto cinese, e avendo la residenza ufficiale a Taichan (cioè a Formosa), l'ing. Tchou era ormai italiano di elezione: aveva fissato la sua dimora a Milano, in via Telesio 13, e sposato un'italiana, Lisa Montessori, nipote del sen. Meuccio Ruini, da cui aveva avuto due figlie, Nicoletta di tre anni e Donata, di un anno.

La sciagura è avvenuta alle 11,30 tre chilometri prima del casello di Santhià (dove avrebbe lasciato l'autostrada) sul cavalcavia della ferrovia per Biella. L'ing. Tchou viaggiava sul sedile posteriore di una grossa « Buick » targata Ginevra guidata dal ventottenne Francesco Frinzi, un autista dipendente dal suo reparto, abitante a Milano in via Misurata 60. Le cause precise dell'incidente non potranno forse mai esser chiarite, ma soltanto ricostruite attraverso ipotesi e con la testimonianza del camionista bergamasco Carlo Tinesi di 27 anni, contro il cui « Leoncino » l'auto andò a schiantarsi.

Il Tinesi, proveniente da Torino, stava cominciando appena la salita del cavalcavia. Vide la « Buick » che, in discesa, stava compiendo il regolare sorpasso di un autotreno. Poi, all'improvviso, mentre si stava riportando a destra, l'automobile cominciò a sbandare. Il conducente ne perse completamente il controllo, la pesante vettura come impazzita fece un giro completo su se stessa, poi cominciò una se-

Crisi di liquidità dell'Olivetti e
successiva “normalizzazione” dell'azienda

VENDITA DELLA DIVISIONE ELETTRONICA
ALLA GENERAL ELECTRIC

In generale sul cosiddetto
”**miracolo economico**” **italiano**,
durante in quale per alcuni anni l'Italia
fu all'avanguardia in settori sensibili
come l'**informatica**, il **petrolifero**
e il **nucleare**



Enrico Mattei
(1906-1962)



27 ottobre 1962
nel cielo a sud
di Milano



Felice Ippolito
(1915-1997)

CORRIERE DELLA SERA

UN GIOCO
PERICOLOSO

A CONCLUSIONE DELL'ISTRUTTORIA PENALE DEL CNEN

ARRESTATO IL PROFESSOR IPPOLITO sotto imputazione di peculato aggravato

Sei ufficiali del ministero dell'Interno presentano il mandato di cattura emesso dalla procura generale di Torino. Sotto accusa la sua gestione del comitato nazionale dell'energia nucleare. Sono finiti gli accertamenti della commissione parlamentare d'inchiesta. I magistrati torinesi hanno perfezionato la loro azione penale sulla base delle conclusioni della istruttoria penale del CNEN.



Il Re di Grecia in agonia per un blocco renale

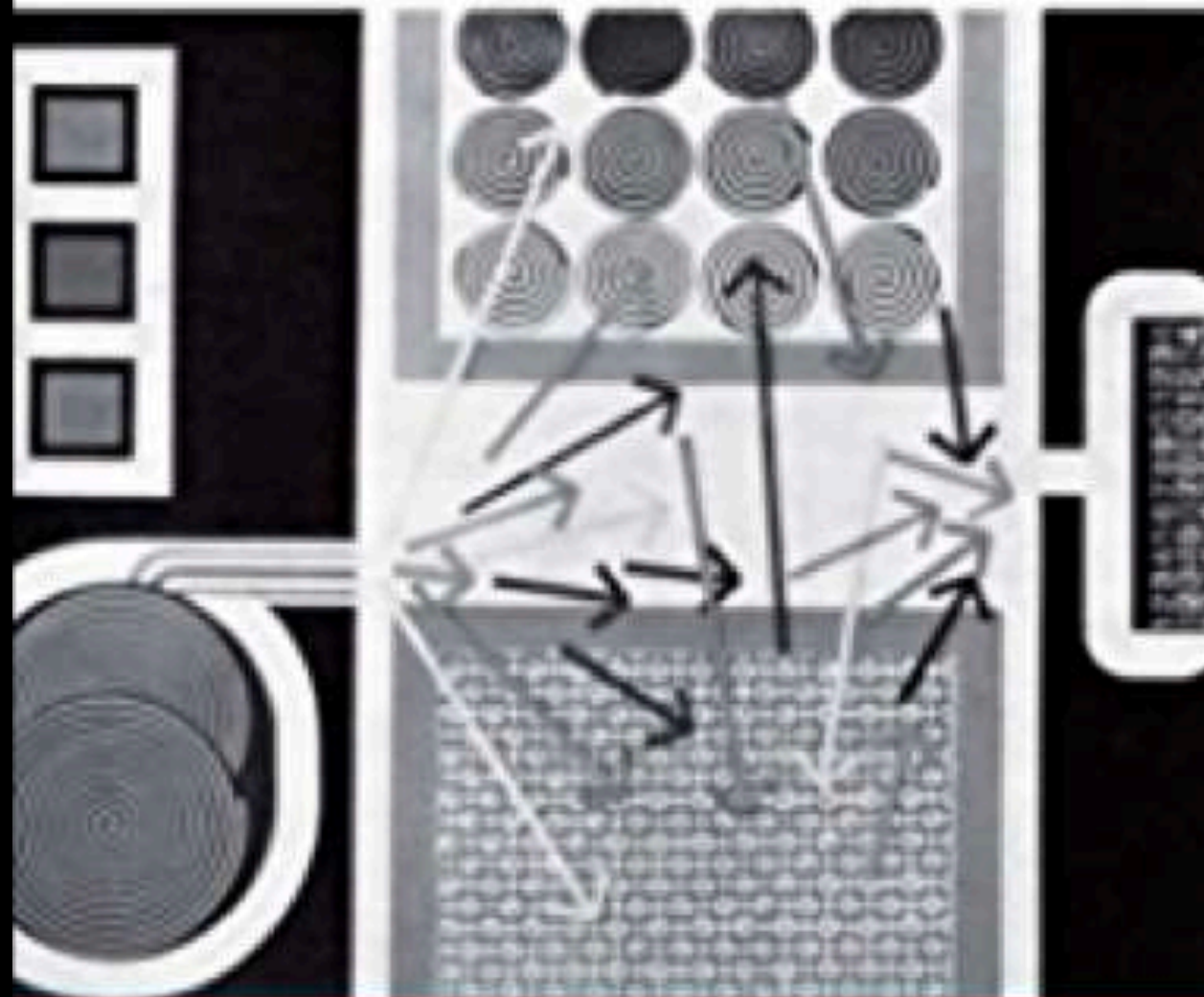


Il 3 marzo 1964 viene
arrestato per presunte
irregolarità
amministrative del
CNEN

Giuditta Parolini

MARIO TCHOU

Ricerca e sviluppo per l'elettronica Olivetti



 Egea

Le quattro occasioni sfortunate
della scienza italiana
negli anni sessanta

IL MIRACOLO SCIPPATO



Marco Pivato

donzelli



virgola



di Michele Mezza

qualche anno dopo la **vendita della divisione elettronica di Olivetti alla General Electric**

ma all'Olivetti non tutto finisce....
(continua)

torniamo agli USA

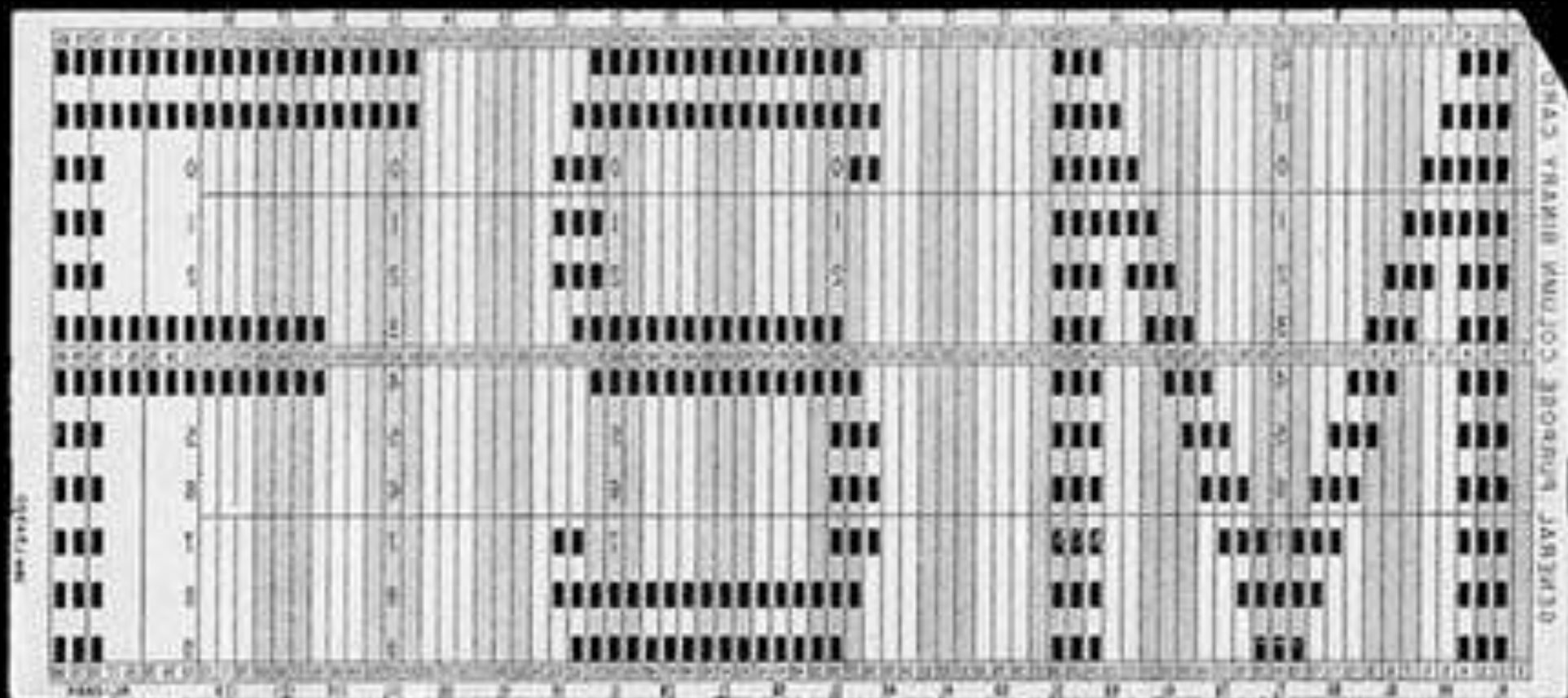
computer e società negli **anni '50**:
il computer come
la **macchina simbolo** del “sistema”

La riflessione accademica su tecnologia e società si intensifica

Harvard Studies in Technology and Society

The volumes in this series present the results of studies conducted at the Harvard University Program on Technology and Society. The Program was established in 1964 by a grant from the International Business Machines Corporation to undertake an inquiry in depth into the effects of technological change on the economy, on public policies, and on the character of the society, as well as into the reciprocal effects of social progress on the nature, dimensions, and directions of scientific and technological developments.

movimento studentesco



Free Speech Movement



"I am a UC student.
Please do not fold,
bend, spindle or
mutilate me."

verso la fine degli anni '60
qualcosa inizia a cambiare con
la nascita della cosiddetta
controcultura

una cultura di
strumenti “personali”

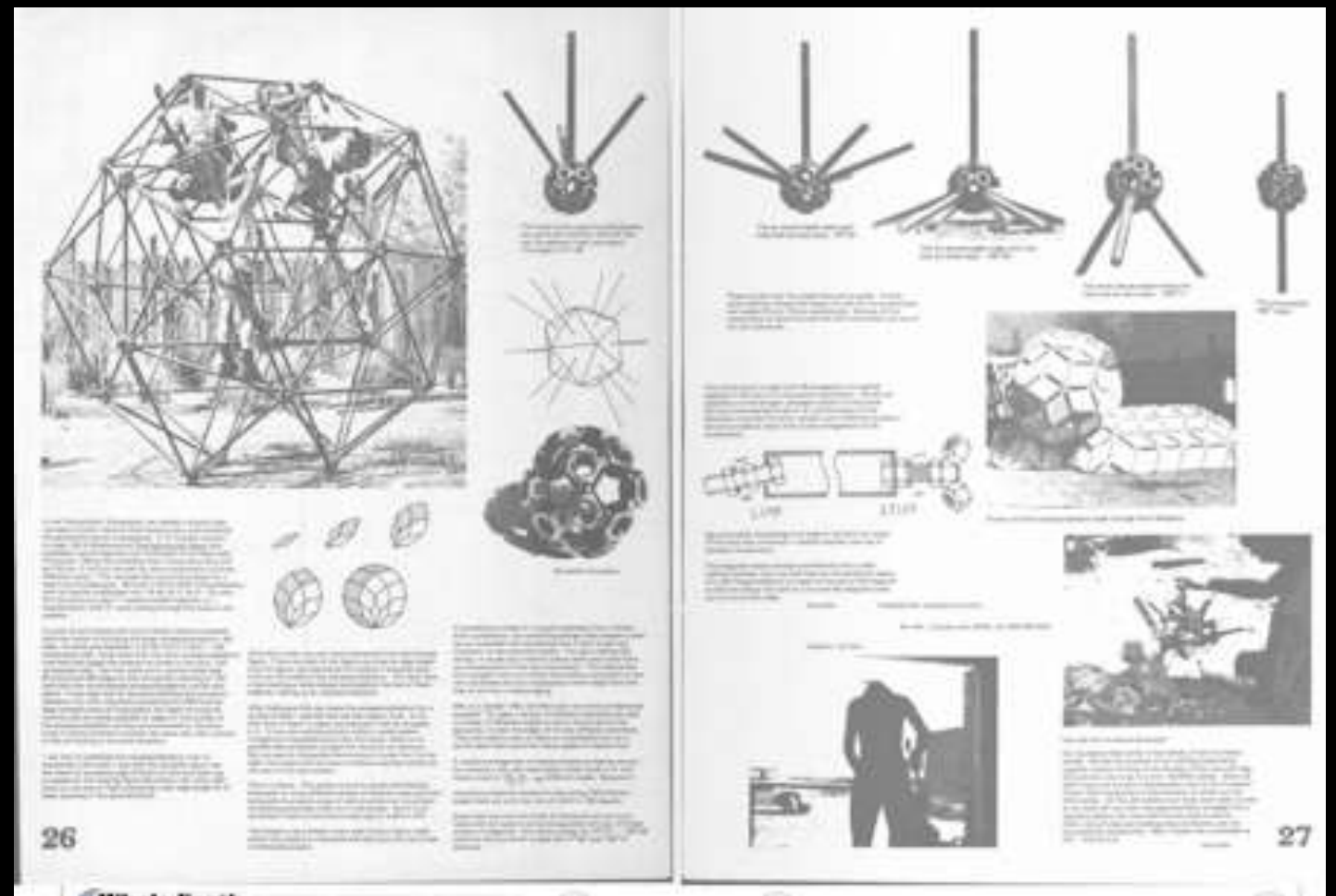
WHOLE EARTH CATALOG

access to tools

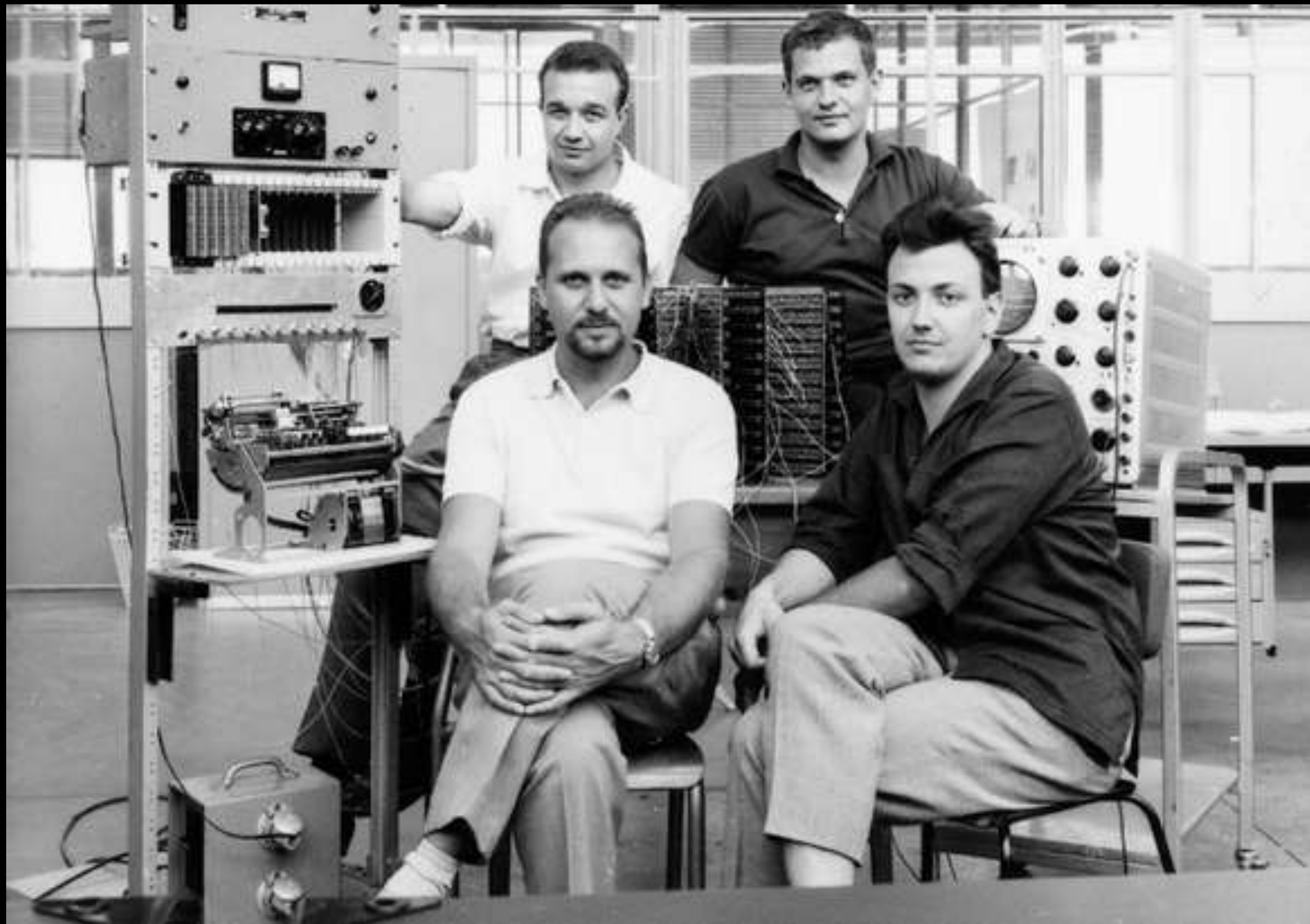


Fall 1968
\$5

Stewart Brand



NON SOLO NEGLI USA





Olivetti **Programma 101** o **P101**

(anche nota come 'perottina')

Sviluppata dall'ing. **Pier Giorgio Perotto** (laureatosi al Politecnico) all'Olivetti tra il 1962 e il 1964, venduta dal 1965 al 1971 (44.000 esemplari).

- 1920 bit di RAM
- 35 kg di peso
- stampante integrata
- design innovativo (del giovane architetto Bellini)
- prezzo di lancio: \$3200

Le istruzioni predeterminate erano quelle riguardanti:

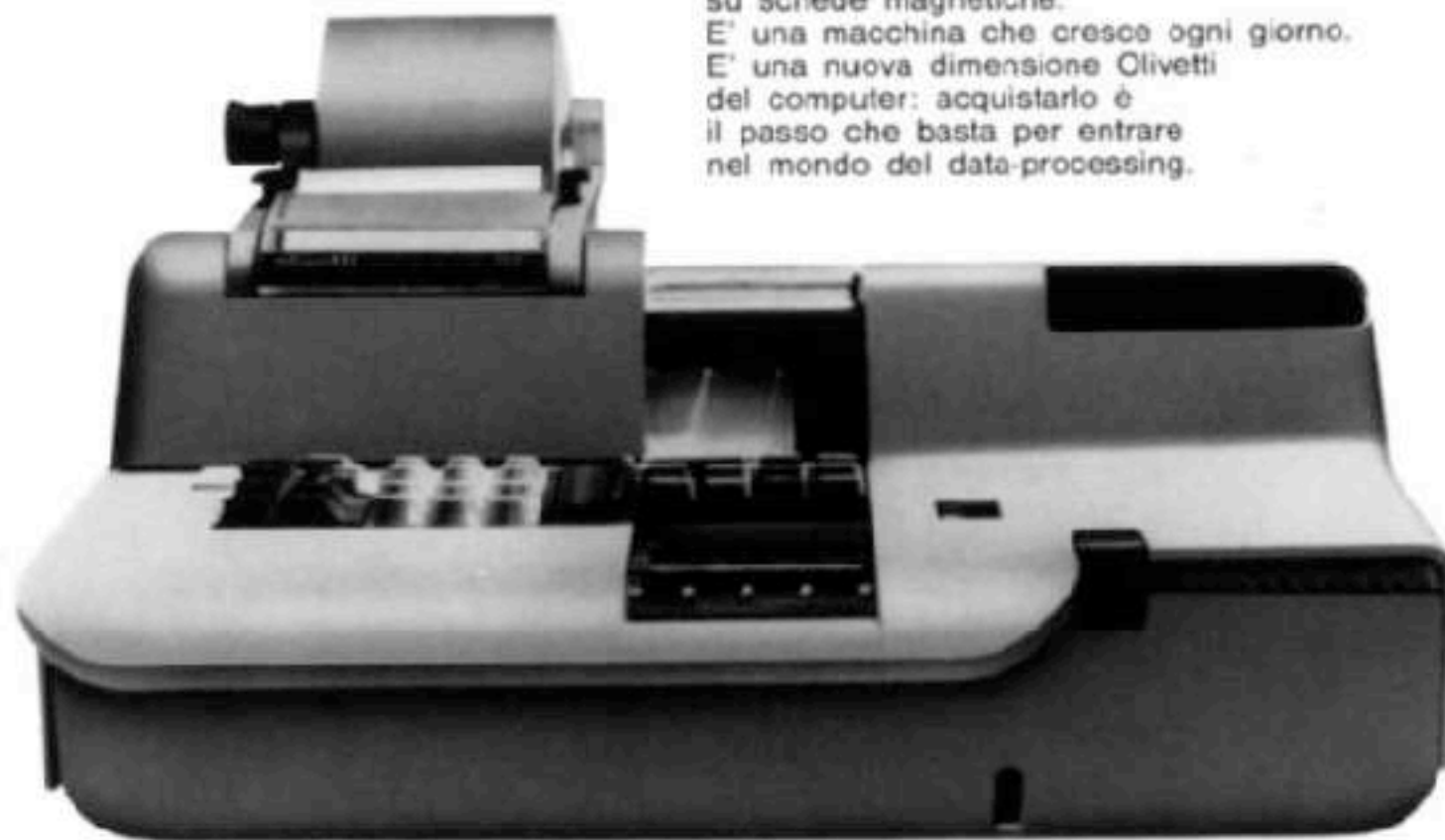
- le quattro operazioni matematiche fondamentali (somma, sottrazione, moltiplicazione e divisione);
- la radice quadrata;
- operazioni con i registri: azzeramento, spostamento di dati tra di essi, lettura dall'utente;
- definizioni di etichette di riga, salti condizionati e incondizionati;
- stampa del valore di un registro.

OLIVETTI PORTA IL COMPUTER SUL VOSTRO TAVOLO

Olivetti vi dà la macchina che solo Olivetti può darvi: il microcomputer che è una nuova dimensione di computer - con programma, stampa, capacità di decisioni logiche.

L'Olivetti Programma 101 produce soluzioni per ogni tipo di problema formulabile in cifre: ma in più produce esperienza e capacità di lavoro, software, programmi memorizzati su schede magnetiche.

E' una macchina che cresce ogni giorno.
E' una nuova dimensione Olivetti del computer: acquistarlo è il passo che basta per entrare nel mondo del data-processing.





*"Sognavo una **macchina amichevole** alla quale delegare quelle operazioni che sono causa di fatica mentale e di errori, una macchina che sapesse imparare e poi eseguire docilmente, che immagazzinasse dati e istruzioni semplici e intuitive, **il cui uso fosse alla portata di tutti**, che costasse poco e fosse delle dimensioni degli altri prodotti per ufficio ai quali la gente era abituata. Dovevo creare un linguaggio nuovo, **che non avesse bisogno dell'interprete in camice bianco**"*



Quando Olivetti inventò il PC

<https://youtu.be/oYB2oBc1BpA>

PIER GIORGIO PEROTTO

P101

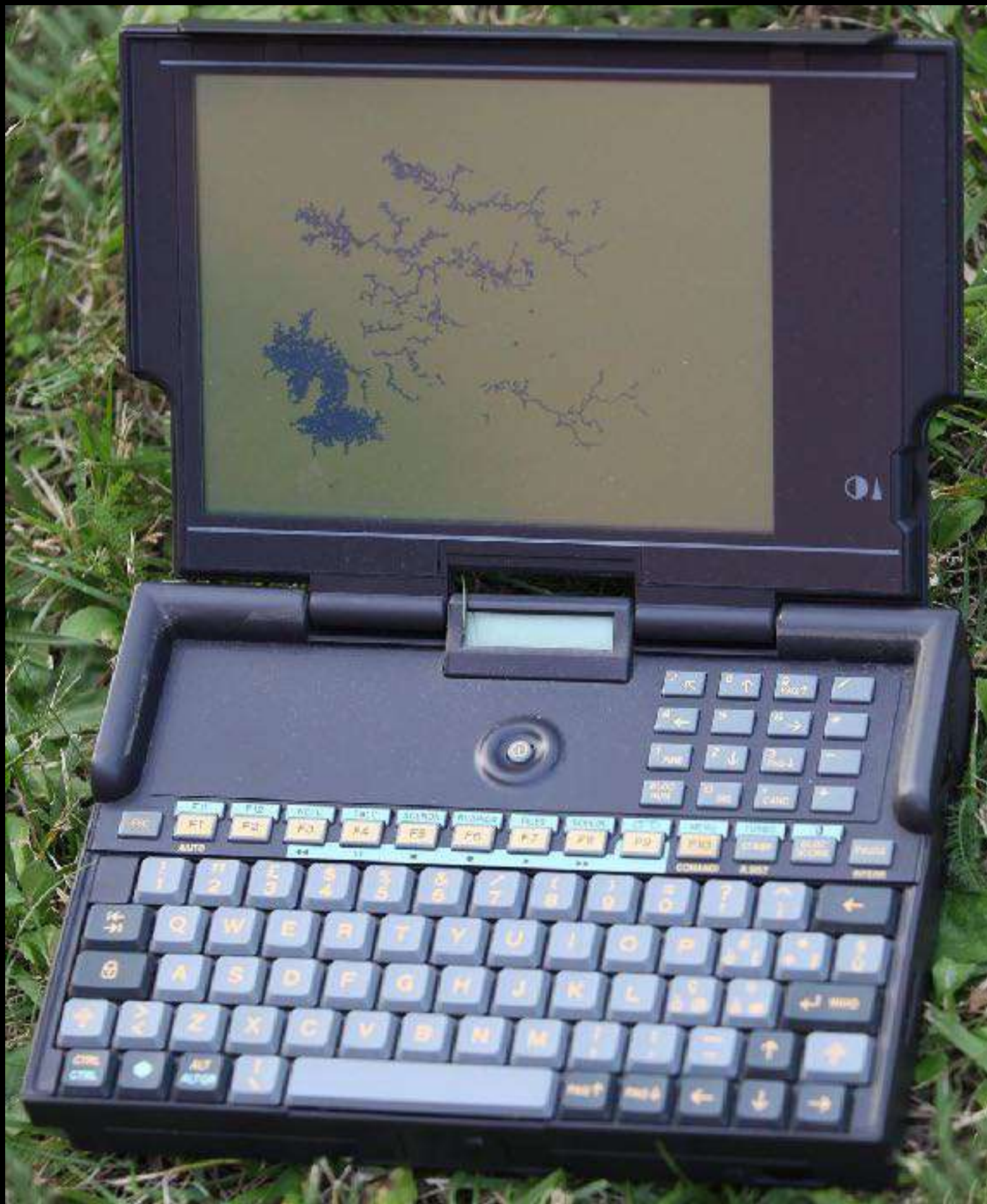
QUANDO L'ITALIA INVENTÒ
IL PERSONAL COMPUTER



EDIZIONI DI COMUNITÀ



Olivetti M24, clone (migliorato) del PC IBM, a partire dal 1983



Olivetti Quaderno
subnotebook
di appena 1 kg di peso
dal **1992**

GIORGIO GARUZZO

quando in Italia
si facevano i computer

ebook 2016 liberamente scaricabile online

**ma torniamo agli Stati Uniti
alla fine degli anni '60**

**un'innovazione chiave:
il microprocessore**

Nel **1969** un'azienda giapponese, Busicom, contatta una giovane azienda chiamata **Intel** (fondata nel 1968) per sviluppare dei circuiti integrati da inserire in calcolatrici da tavolo.

Ted Hoff con l'italiano **Federico Faggin** suggerisce di mettere sullo stesso IC sia unità logica, sia unità aritmetica. Le istruzioni arrivano da apposita ROM.

Invece dei **12 chip** inizialmente previsti, adesso per il progetto Busicom ne bastano **solo 4**:

- una RAM
- una ROM
- un IC per l'I/O (input/output)
- un **microprocessore**

ovvero un minuscolo IC che incorpora 2250 transistor e che implementa un computer general purpose.

grazie alla disponibilità del
microprocessore
nasce il **personal computer**



Altair 8800

CPU: Intel 8080

dicembre 1974

HOW TO "READ" FM TUNER SPECIFICATIONS

Popular Electronics

WORLD'S LARGEST SELLING ELECTRONICS MAGAZINE JANUARY 1975 \$3.95

PROJECT BREAKTHROUGH!

**World's First Minicomputer Kit
to Rival Commercial Models...**

"ALTAIR 8800" SAVE OVER \$1000



ALSO IN THIS ISSUE:

- An Under-\$90 Scientific Calculator Project
- CCD's—TV Camera Tube Successor?
- Thyristor-Controlled Photoflashers



TEST REPORTS:

Technics 200 Speaker System
Pioneer RT-1011 Open-Reel Recorder
Tram Diamond-40 CB AM Transceiver
Edmund Scientific "Kirlian" Photo Kit
Hewlett-Packard 5381 Frequency Counter

Nel 1975 un'azienda viene fondata a Albuquerque (New Mexico) per sviluppare software per il MITS Altair 8800.



Apple Introduces the First Low Cost Microcomputer System with a Video Terminal and 8K Bytes of RAM on a Single PC Card.

The Apple Computer. A truly complete microcomputer system on a single PC board. Based on the MCS Technology 6502 microprocessor, the Apple also has a built-in video terminal and sockets for 8K bytes of on-board RAM memory. With the addition of a keyboard and video monitor, you'll have an extremely powerful computer system that can be used for anything from developing programs to playing games or running BASIC.

Combining the computer, video terminal and dynamic memory on a single board has resulted in a large reduction in chip count, which means more reliability and lower cost. Since the Apple comes fully assembled, tested & burned-in and has a complete power supply on-board, initial set-up is essentially "hassle free" and you can be running within minutes. At \$666.66 (including 4K bytes RAM!) it opens many new possibilities for users and systems manufacturers.

You Don't Need an Expensive Teletype.

Using the built-in video terminal and keyboard interface, you avoid all the expense, noise and maintenance associated with a teletype. And the Apple video terminal is six times faster than a teletype, which means more throughput and less waiting. The Apple connects directly to a video monitor for home TV with an inexpensive RF modulator and displays 960 easy-to-read characters in 24 rows of 40 characters per line with automatic scrolling. The video display section contains its own 1K bytes of memory, so all the RAM memory is available for user programs. And the

Keyboard Interface lets you use almost any ASCII-encoded keyboard.

The Apple Computer makes it possible for many people with limited budgets to step up to a video terminal as an I/O device for their computer.

No More Switches, No More Lights.

Compared to switches and LED's a video terminal can display vast amounts of information simultaneously. The Apple video terminal can display the contents of 192 memory locations at once on the screen. And the firmware in PROMS enables you to enter, display and debug programs (all in hex) from the keyboard, rendering a front panel unnecessary. The firmware also allows your programs to print characters on the display, and since you'll be looking at letters and numbers instead of just LED's, the door is open to all kinds of applications software (i.e., Games and BASIC).

8K Bytes RAM in 16 Chips!

The Apple Computer uses the new 16-pin 4K dynamic memory chips. They are faster and take 1/4 the space and power of even the low power 2102's (the memory chip that everyone else uses). That means 8K bytes in sixteen chips. It also means no more 28 amp power supplies.

The system is fully expandable to 65K via an edge connector which carries both the address and data busses, power supplies and all timing signals. All dynamic memory refreshing for both on and off-board memory is done automatically. Also, the Apple Computer can be upgraded to use the 16K chips when they become available.

ble. That's 32K bytes on-board RAM in 16 IC's—the equivalent of 256 2102's!

A Little Cassette Board That Works

Unlike many other cassette boards on the marketplace, ours works every time. It plugs directly into the upright connector on the main board and stands only 2" tall. And since it is very fast (1530 bts per second), you can read or write 4K bytes in about 20 seconds. All timing is done in software, which results in crystal-controlled accuracy and uniformity from unit to unit.

Unlike some other cassette interfaces, which require an expensive tape recorder, the Apple Cassette Interface works reliably with almost any audio-grade cassette recorder.

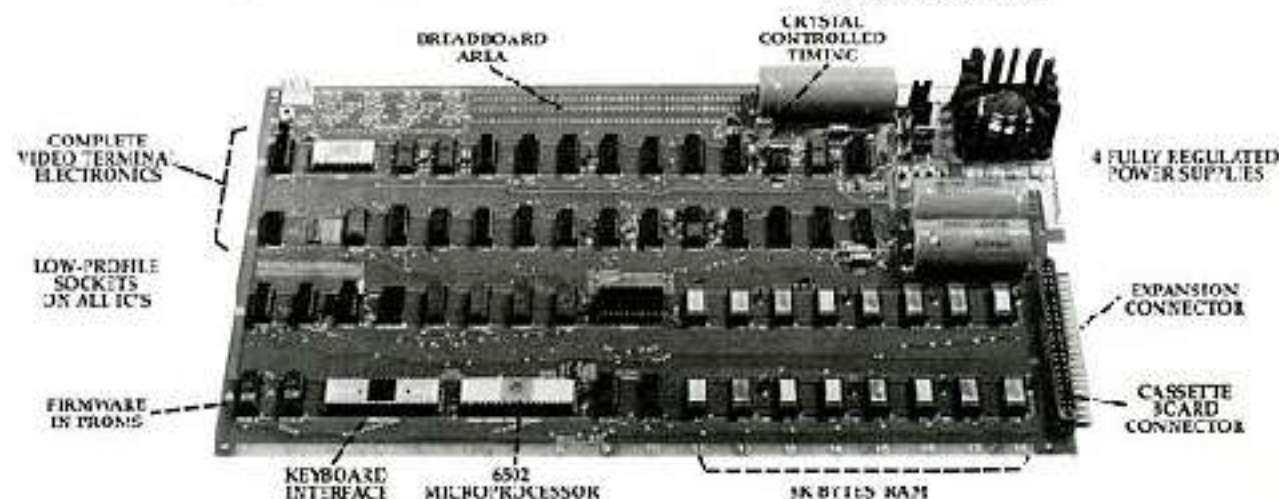
Software:

A tape of APPLE BASIC is included free with the Cassette Interface. Apple Basic features immediate error messages and fast execution, and lets you program in a higher level language immediately and without added cost. Also available now are a dis-assembler and many games, with many software packages. (including a macro assembler) in the works. And since our philosophy is to provide software for our machines free or at minimal cost, you won't be continually paying for access to this growing software library.

The Apple Computer is in stock at almost all major computer stores. (If your local computer store doesn't carry our products, encourage them or write us direct). Dealer inquiries invited.

Byte into an Apple \$666.66*

* includes 4K bytes RAM



APPLE Computer Company • 770 Welch Rd., Palo Alto, CA 94304 • (415) 326-4248

OCTOBER 1976

CIRCLE NO. 7 IN INQUIRY CARD

INTERFACE AGE 11

Apple I

Aprile 1976



Apple II

Giugno 1977

CPU: MOS
Technology
6502



Commodore 64

Agosto 1982

CPU: ARM



ZX Spectrum

1982

CPU: Z80

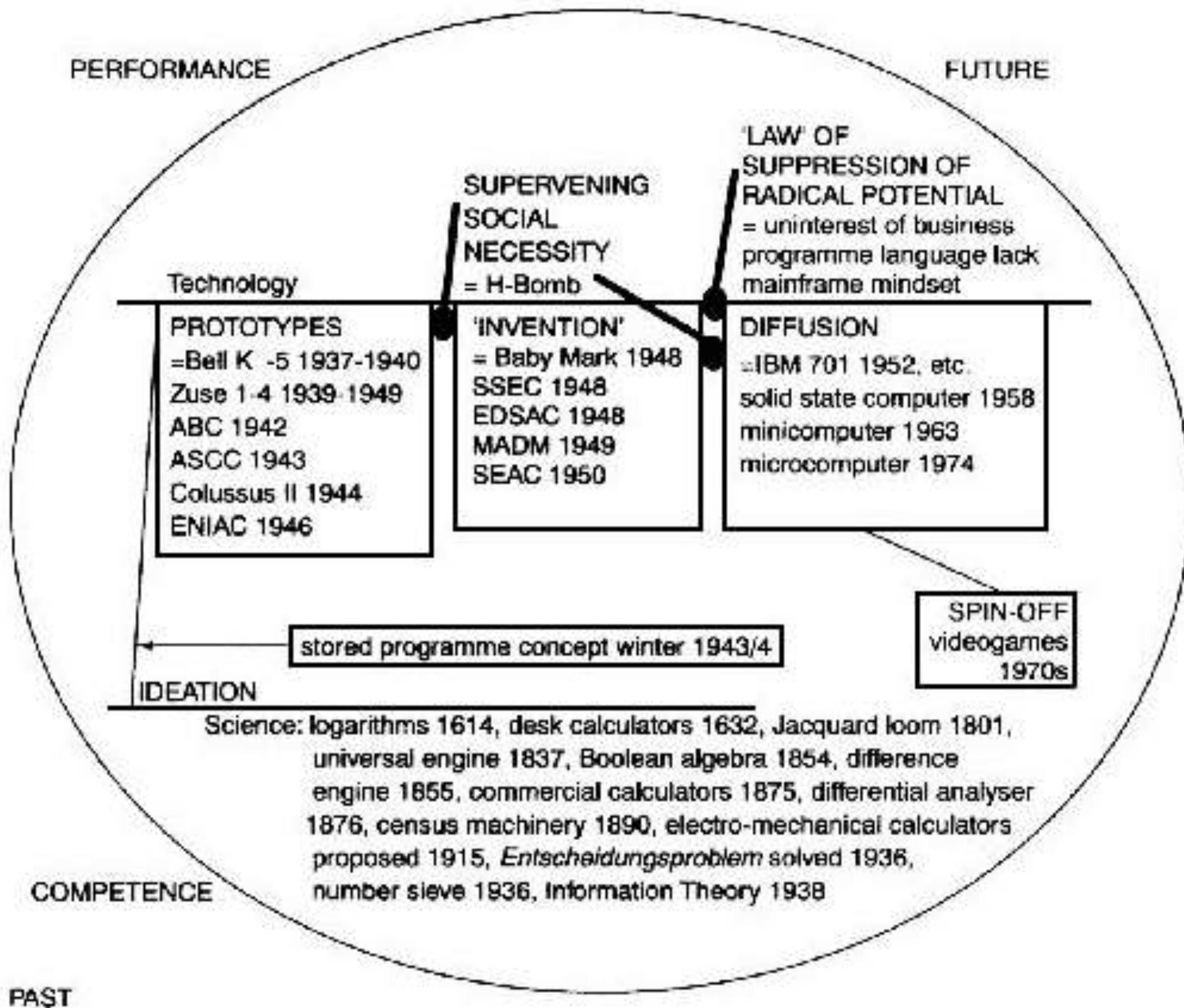


IBM Personal Computer

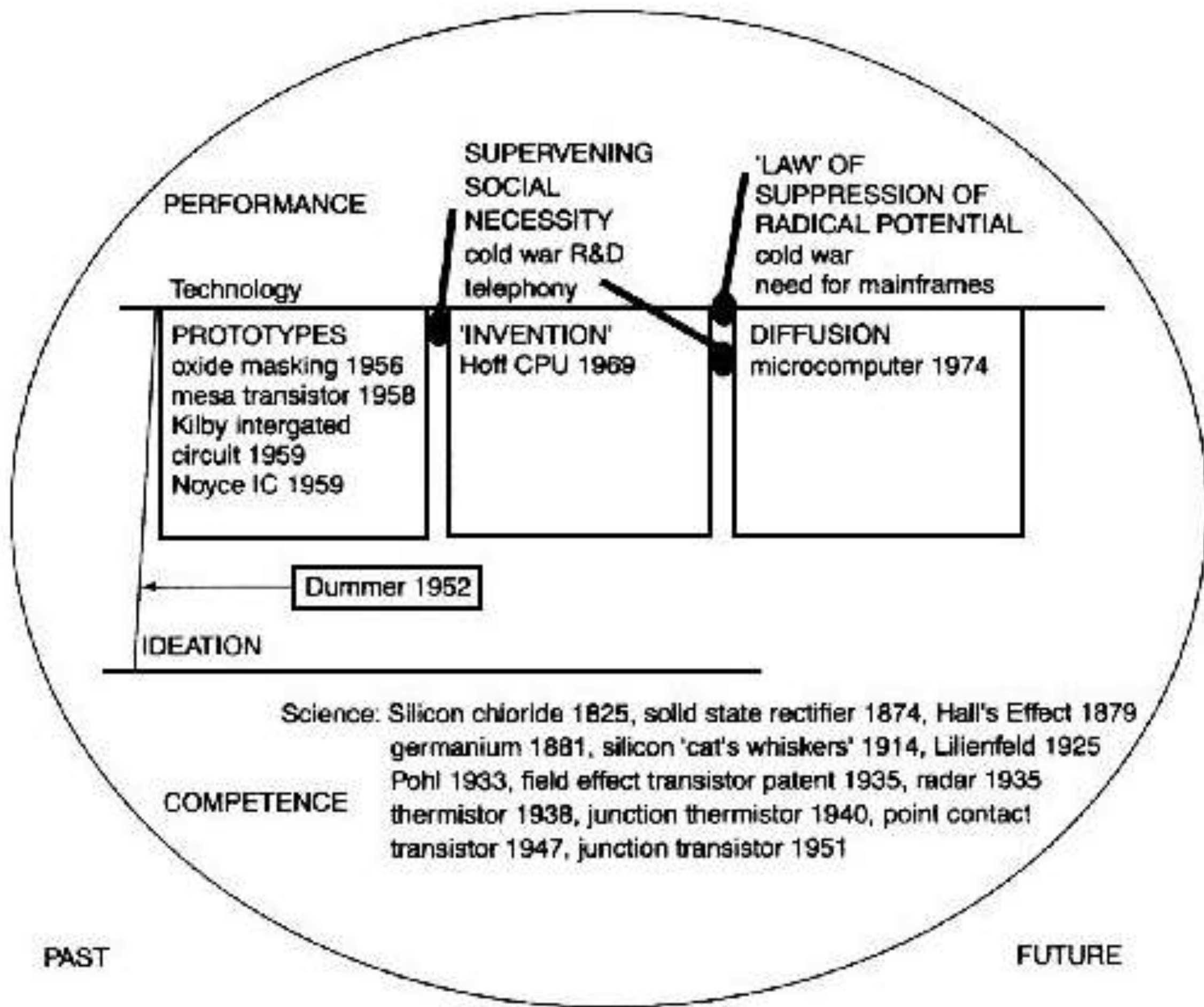
Agosto 1981

CPU: Intel 8088

La capacità di elaborazione
diventa finalmente **accessibile**
ai singoli, grazie a dispositivi
relativamente economici e con
un'architettura molto aperta.



DISPOSITIVI ALLO STATO SOLIDO



computer e donne

70 years ago, six Philly women became the world's first digital computer programmers

Without any real training, they learned what it took to make ENIAC work – and made it a humming success. Their contributions were overlooked for decades.

TECHNOLOGY COMPUTERS PHILADELPHIA ENIAC COMPUTER SCIENCE SCIENCE UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA PROGRAMMING

BY **MEERI KIM**

PhillyVoice Contributor

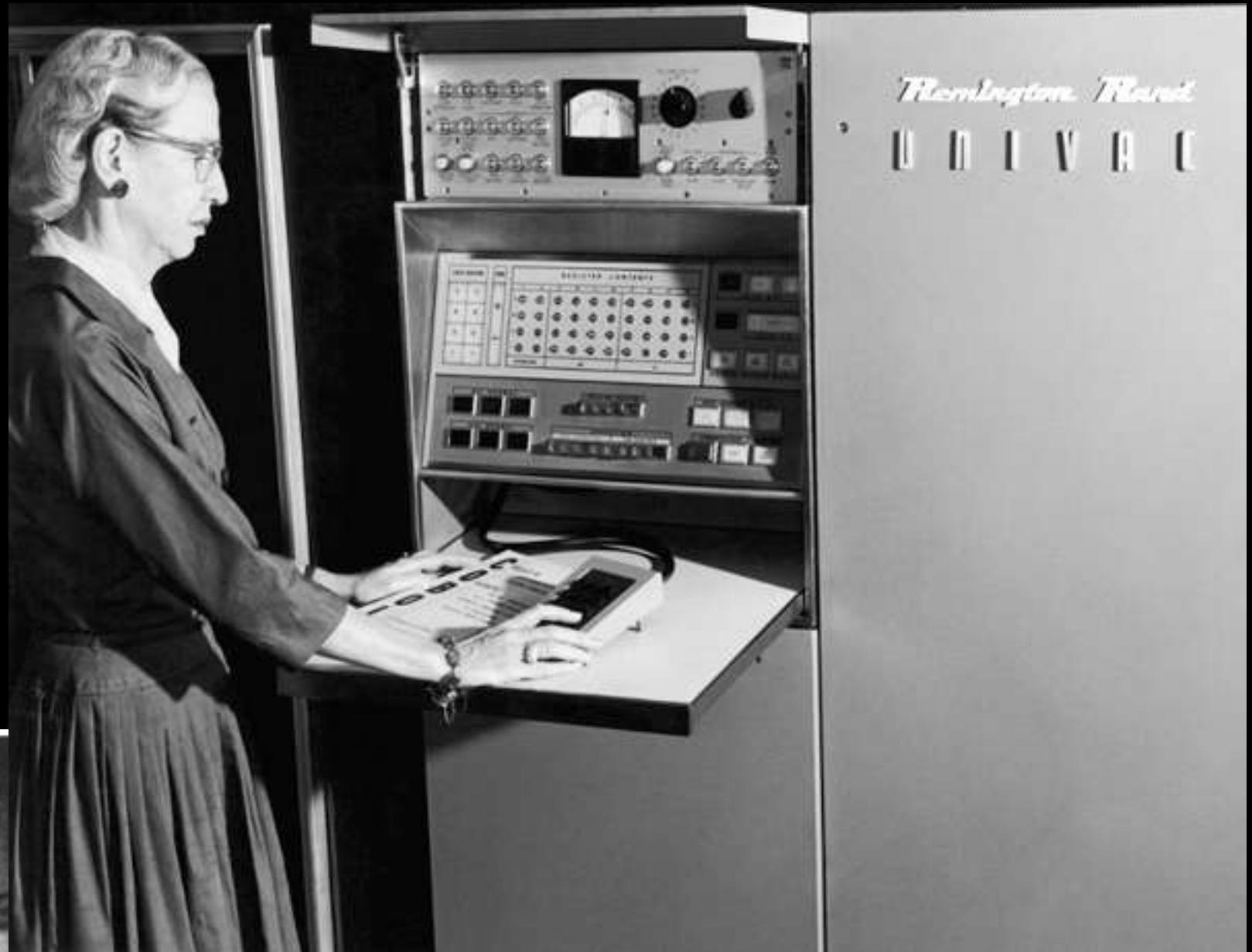


For most of us born with both feet firmly planted in the information age, it's far too easy to take modern computers and the internet for granted. We'll complain about the latest comic book movie's less-than-perfect CGI, sigh loudly if our movie doesn't load instantly on Netflix, and we can't even imagine life without smartphones anymore.

<http://www.phillyvoice.com/70-years-ago-six-philly-women-eniac-digital-computer-programmers/>



Grace Hopper
(1906-1992)



Nel suo desiderio di rendere i comuter più accessibili, nel 1952 Hopper inventa il **compilatore**.

Hopper ha anche co-inventato il **Common Business Oriented Language (COBOL)**, il primo linguaggio per computer universale usato sia da aziende, sia dalla pubblica amministrazione.



If it's a good idea, go ahead and do it. It's much easier to apologize than it is to get permission.

(Grace Hopper)

izquotes.com

92

9/9

0800 Antan started
 1000 " stopped - antan ✓
 1300 (032) MP - MC ~~1.982647000~~
 (033) PRO 2 2.130476415
 conch 2.130676415

Relays 6-2 in 033 failed special speed test
 in relay " 10.000 test.

1100 Relays changed
 Started Cosine Tape (Sine check)
 1525 Started Multi-Adder Test.

1545



Relay #70 Panel F
 (moth) in relay.

First actual case of bug being found.
 1630 Antan started.
 1700 closed down.

Relay
 2145
 Relay 2370

Photo # NH 96921 Capt. Grace M. Hopper at work, 1976



<http://www.history.navy.mil/research/histories/bios/hopper-grace.html>



Elsie Shutt
founded one of the
first software
businesses in the
U.S. in 1958.
And the
programmers were
all women.



Margaret Hamilton
(1936-)

(Prof. Hamilton nel 1995
fonte: Wikipedia)



Codice
sorgente
dell'**Apollo**
Guidance
Computer
(AGC) (1969)



Margaret Hamilton nel modulo di comando dell'Apollo

(fonte: http://www.nasa.gov/50th/50th_magazine/scientists.html)

HER CODE GOT HUMANS ON THE MOON—AND INVENTED SOFTWARE ITSELF



<http://www.wired.com/2015/10/margaret-hamilton-nasa-apollo/>

Apollo software engineer Margaret Hamilton receives Presidential Medal of Freedom

In award ceremony that made Ellen DeGeneres and Michael Jordan tear up

by Anisa Purbasari | Nov 23, 2016, 3:54pm EST



Photo by Chip Somodevilla/Getty Images

Sorry, Google memo man: women were in tech long before you

Holly Brockwell

James Damore's controversial manifesto says women are genetically unsuited to tech roles. Doesn't he know they were the original computer programmers?



i 'Many African American women worked as human computers at Nasa, as highlighted in the book (and film) *Hidden Figures*.' Mathematician Mary Jackson at Langley Research Centre in Hampton, Virginia, 1977. Photograph: Nasa photographer Robert Nye/Nasa

<https://www.theguardian.com/commentisfree/2017/aug/09/google-memo-man-women-tech-original-computer-programmers>

Che cosa è successo?

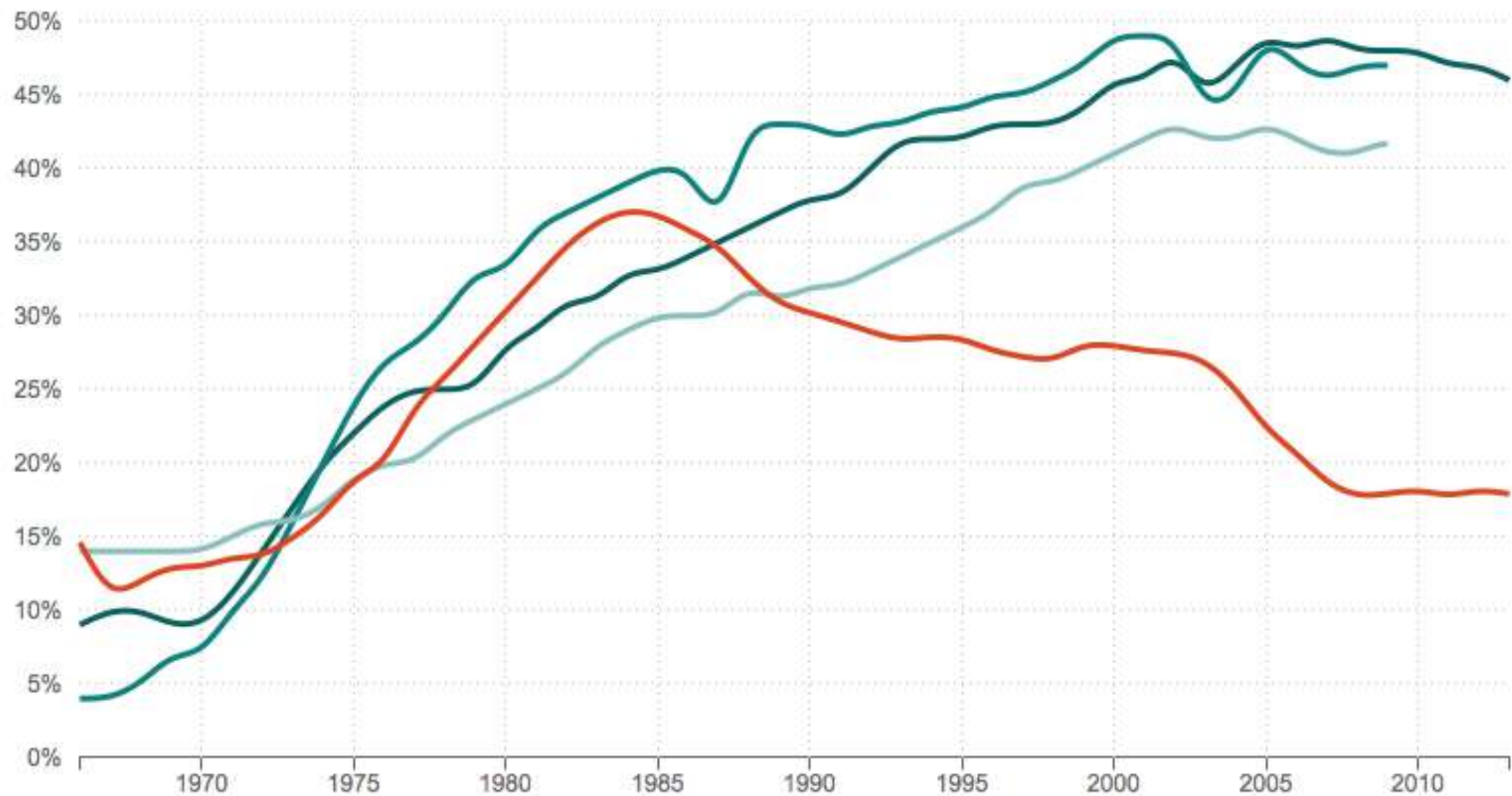
Che cosa è successo nel **1984** ?

<http://www.npr.org/sections/money/2014/10/17/356944145/episode-576-when-women-stopped-coding>

What Happened To Women In Computer Science?

% Of Women Majors, By Field

Medical School Law School Physical Sciences Computer science



Source: National Science Foundation, American Bar Association, American Association of Medical Colleges

Credit: Quoc Trung Bui/NPR

Una mera questione 'sociale',
quindi tranquillamente reversibile

CONCLUSIONI

Grazie al PERSONAL COMPUTER
la capacità di elaborazione
diventa finalmente **accessibile**
ai singoli, grazie a dispositivi
relativamente economici e con
un'architettura molto aperta.

quale **architettura** per il PC?

**1. hardware conoscibile,
quindi personalizzabile,
estendibile, ecc.**

2. **hardware** su cui sono
installabili **più sistemi**
operativi (perché conoscibile
nei dettagli)

**3. sistemi operativi che
eseguono qualsiasi programma
voluto dall'utente**
(diversamente, per esempio, da
quello che ormai capita per
molti smartphone)

PRO: maggior controllo del proprietario sul dispositivo, ovvero, maggior libertà

CONTRO: minor sicurezza (virus, trojan, malware, ecc.)

ma in quell'epoca
si privilegia libertà
rispetto a sicurezza

Negli ultimi 20 anni **molti**
cambiamenti (spesso verso una
maggior chiusura), ma la **matrice**
appena descritta è ancora
importante