

TRACCIA PER LE LEZIONI 6-7

lunedì 19 maggio, ore 14³⁰-16⁴⁵, aula I

ARGOMENTI

PREMESSE TEORICHE

ANTECEDENTI TECNOLOGICI

NASCITA DEL MODERNO COMPUTER ELETTRONICO

MACCHINE DI TURING

***NASCITA
DEL
COMPUTER***

1930

Turing

Shannon

Zuse

Stibiz - Bell Labs

Aiken - Harvard Univ.

Atanasoff - ABC

1940

ENIGMA - COLOSSUS

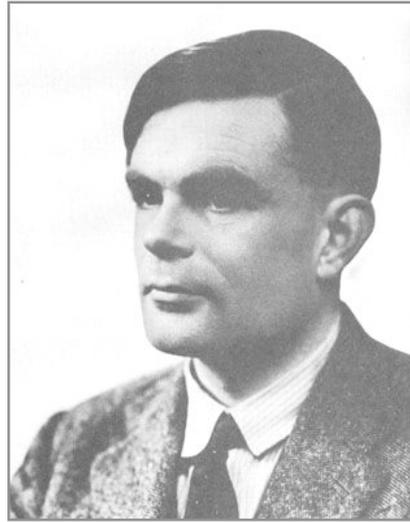
ENIAC

Arch. di von Neumann

SSEC

Manchester Univ.

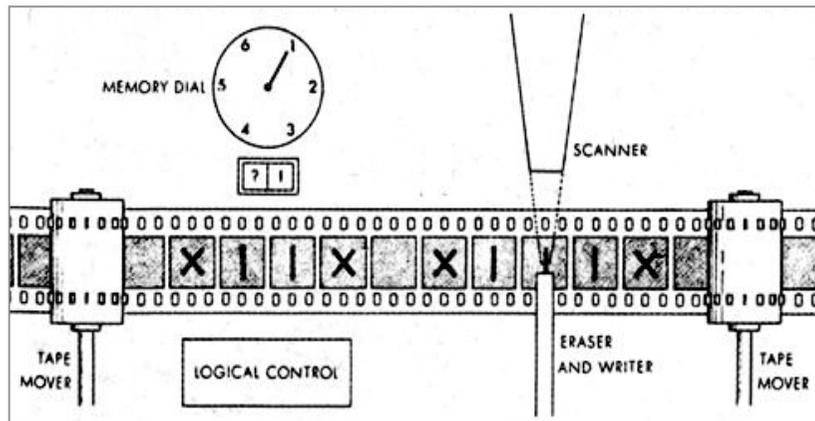
1950



**Alan Mathison
Turing
(1912 - 1954)**



Oltre che un genio, un discreto fondista.



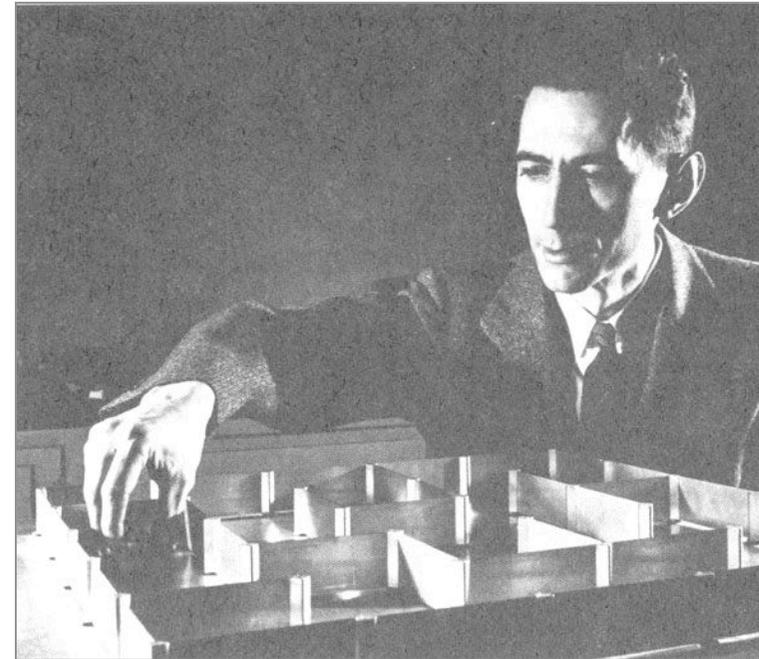
La “**macchina universale**” di Turing (1936). Più che di un oggetto fisico, si tratta di un esperimento concettuale apparentemente semplice che introduce l’**idea di calcolatore programmabile** (vedi appendice).

Durante la guerra, Turing s’impegnò intensamente nella decifrazione dei codici segreti del nemico.

Nel 1946 progettò l’**ACE (Automatic Computing Engine)** per il National Physical Laboratory e collaborò ai computer costruiti nelle università di Cambridge e di Manchester. Il “test di Turing” segna l’inizio delle teorie sull’intelligenza artificiale (*mechanical intelligence*).



Claude Elwood Shannon (1916 - 2001)



Fondatore, con Norbert Wiener, della teoria quantitativa dell'informazione (1948). Qui è alle prese con il labirinto entro cui studia il comportamento dei "topolini cibernetici".

ELECTRIC ADDER TO THE BASE TWO

A circuit is to be designed that will automatically add two numbers, using only relays and switches. Although any numbering base could be used the circuit is greatly simplified by using the scale of two.

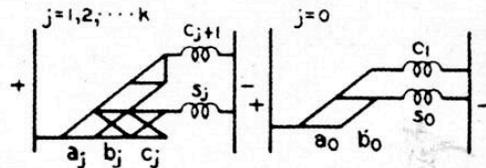


Figure 35. Circuits for electric adder

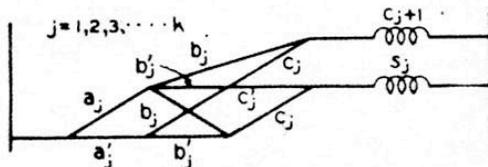


Figure 36. Simplification of figure 35

Nella tesi di laurea (1938) dimostra che le **reti combinatorie** sono equivalenti (isomorfi) all'**algebra di Boole**.

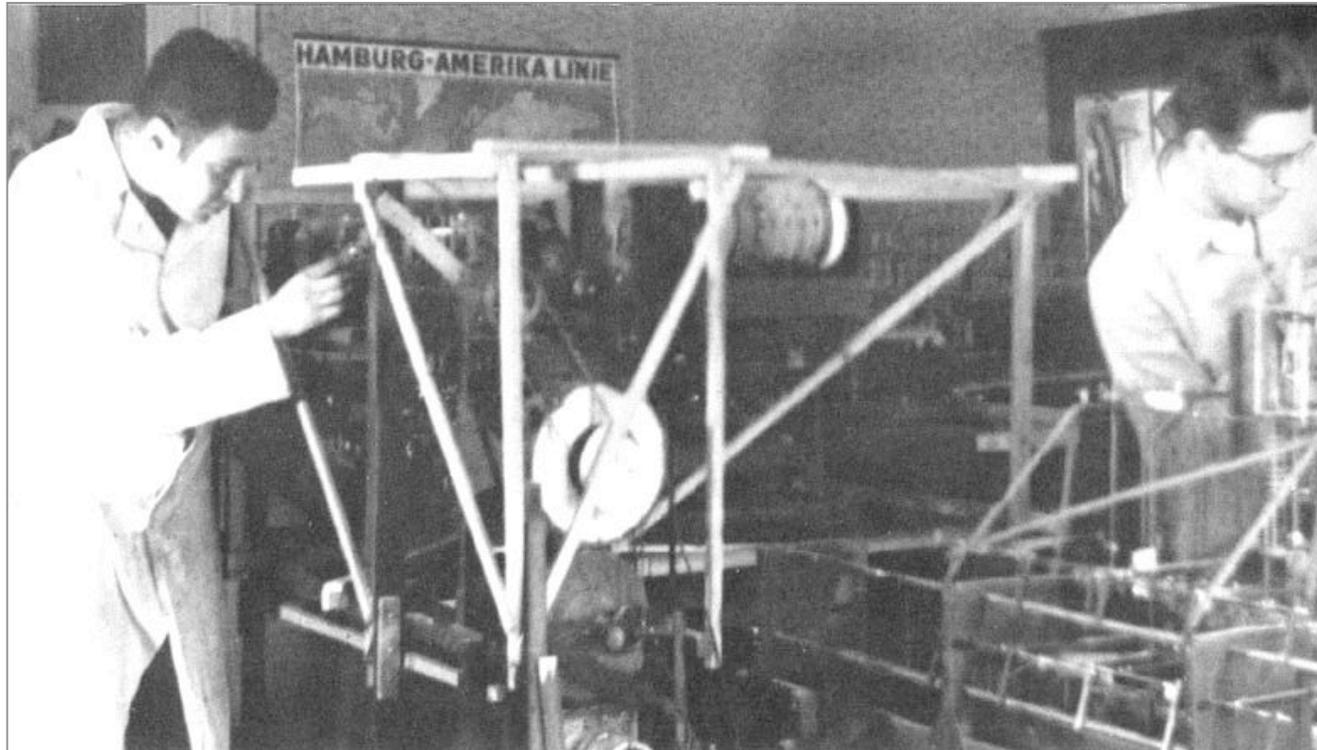
Fornisce così un potente strumento per il progetto ottimale dei **circuiti logici** usati nella commutazione telefonica e, come da lui suggerito nella pagina qui riprodotta, anche nei **dispositivi di calcolo** in aritmetica binaria (*scale of two*).

storia dell'informatica - UNIUD
2007-8 - c. bonfanti - traccia lez. 6-7

RECUPERO DI BASI CONCETTUALI PREESISTENTI:

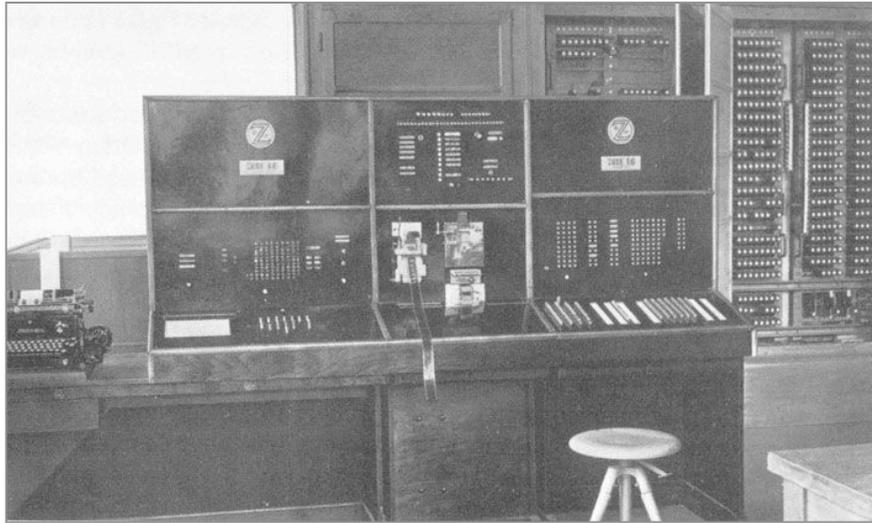
- Aritmetica binaria (Leibniz)**
- Logica formale / L. matematica / L. simbolica (Boole, Frege, Sheffer)**
- Influenza quasi nulla delle idee di Babbage**

Konrad Zuse (1910 - 1995)



Zuse, a destra, con l'amico Helmut Schreyer nel salotto di casa mentre costruisce la **Z1**, realizzata esclusivamente con **componenti meccanici**. Aveva una memoria capace di 16 numeri binari di 24 bit ciascuno (circa 1936).

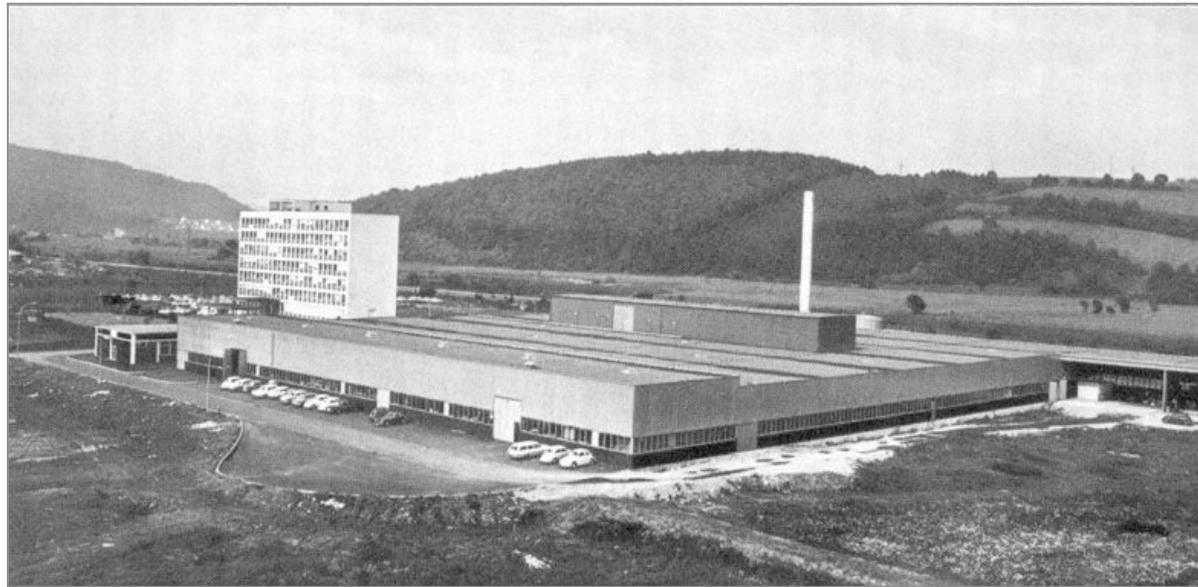
La fama internazionale arrivò per Zuse tardivamente, molto tempo dopo che egli, praticamente da solo e con risorse irrisorie, aveva progettato e realizzato una serie di calcolatori (dalla Z1 alla Z4) con tecnologie meccaniche ed elettromeccaniche (relé). Z3 e Z4, in particolare, erano macchine di concezione per certi versi più avanzata rispetto a quelle prodotte nello stesso periodo negli Stati Uniti. Elaborò una sorta di linguaggio algoritmico che denominò *Plankalkül* (Piano di calcolo) e adottò l'aritmetica binaria operante su numeri rappresentati in formato sia intero e sia "semilogaritmico" (l'attuale *floating point*).



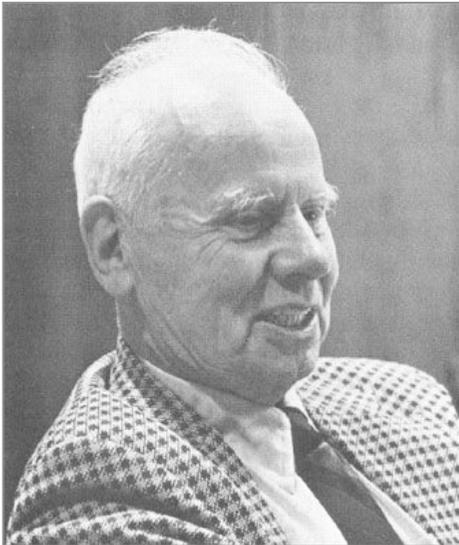
Il calcolatore **Z4** (a relè ma con memoria meccanica) fu completato nel 1944 e salvato fortunatamente dai bombardamenti che avevano invece distrutto la precedente Z3.

Dal 1950 al 1955 è stato usato e potenziato al Politecnico Federale di Zurigo (ETH) dove catalizzò la formazione di quello che fu per anni l'unico importante centro dell'Europa continentale per la ricerca sui problemi teorici e tecnologici dei computer.

In seguito, fino al 1960, Z4 fu impiegato dall'Istituto francese di ricerche aerodinamiche.



Gli edifici della Società Zuse, costituita nel 1949, situati nella regione dell'Assia. Schreyer aveva progettato fin dai primi tempi l'uso delle valvole termoioniche ma il primo modello a **tecnologia elettronica**, lo **Z22**, si poté produrlo solo nel 1955. Nei primi anni 1960, la Siemens entrò nella Società come azionista e, nel 1969, l'assorbì completamente.

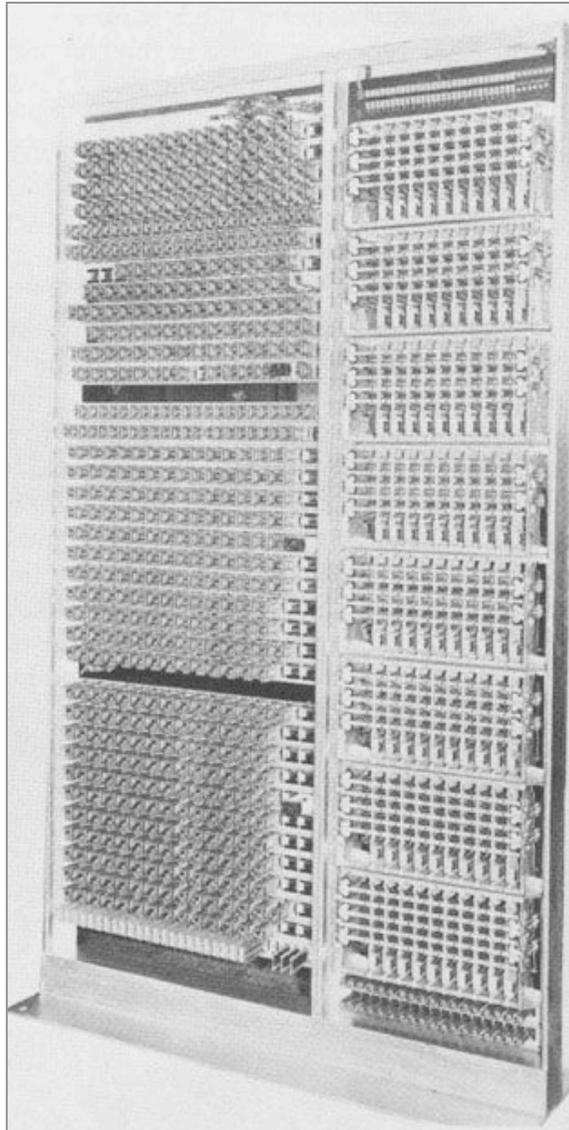


George Stibitz (1904 - 1995)

Stibitz progettò e realizzò nei Bell Laboratories una serie di calcolatori basati sulla **tecnologia elettromeccanica** dei relè.

Il primo della serie (**Model I**) fu completato nel 1939 e rimase in attività per quasi 10 anni.

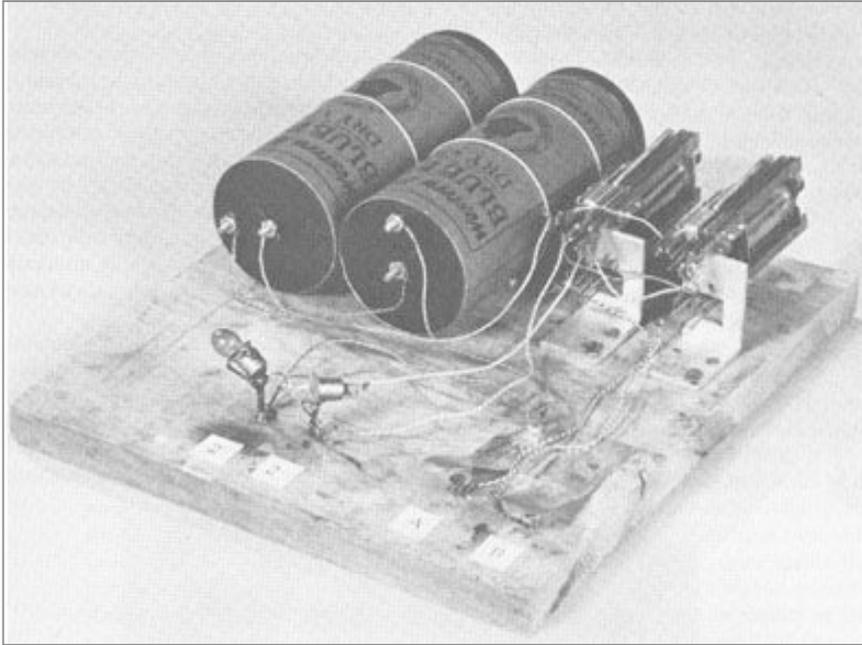
Le macchine successive, fino al **Model VI** (completato nel 1950) furono invece commissionate dalle forze armate USA.



Il Model I (vista parziale) fu meglio conosciuto come **Complex Number Calculator**; operava infatti sui numeri complessi.



Una delle tre telescriventi usate come terminali di accesso al Model I.



Model K, come Kitchen: un addizionatore a due relé-bit (1937)

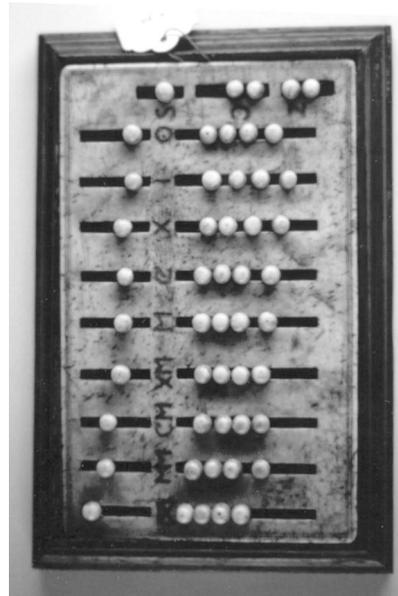


Stibitz - Bell Labs Model VI (1946)

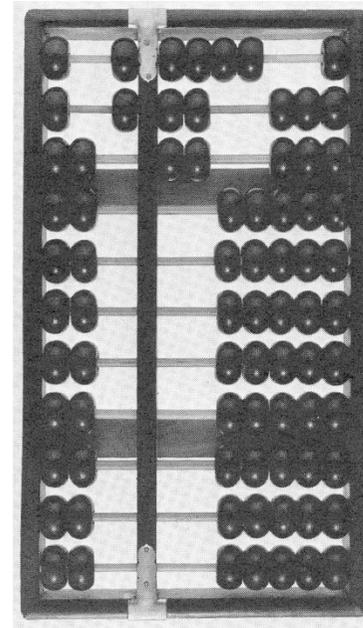
Fortune della
codifica
bi-quinaria

0	01 00001
1	01 00010
2	01 00100
3	01 01000
4	01 10000
5	10 00001
6	10 00010
7	10 00100
8	10 01000
9	10 10000

Bell Labs, Model II

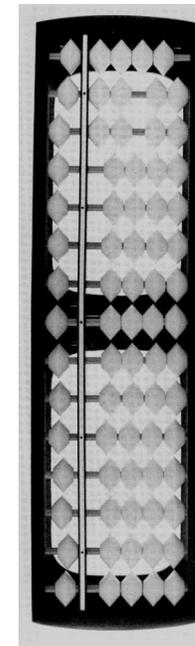


Abaco romano



Soroban giapponese

Swan pan cinese.

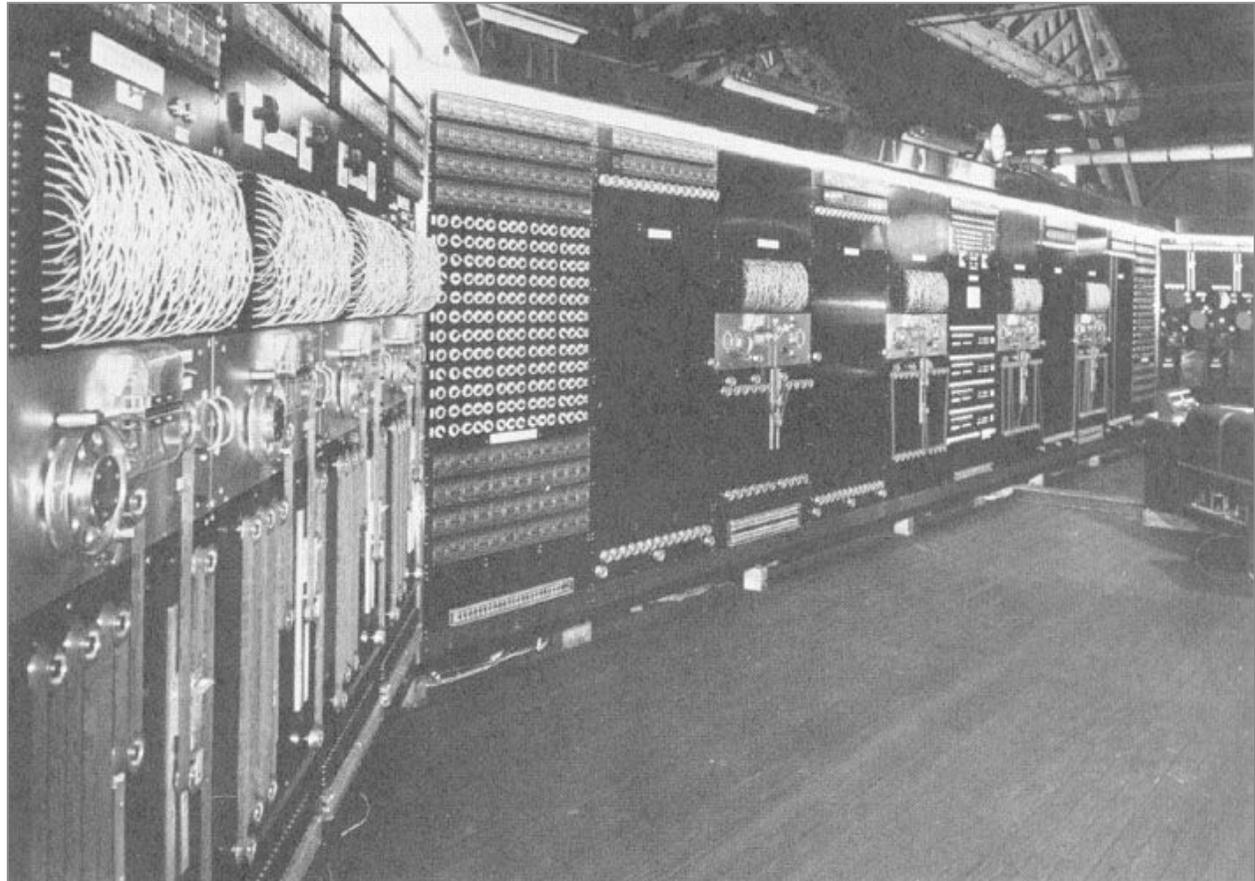


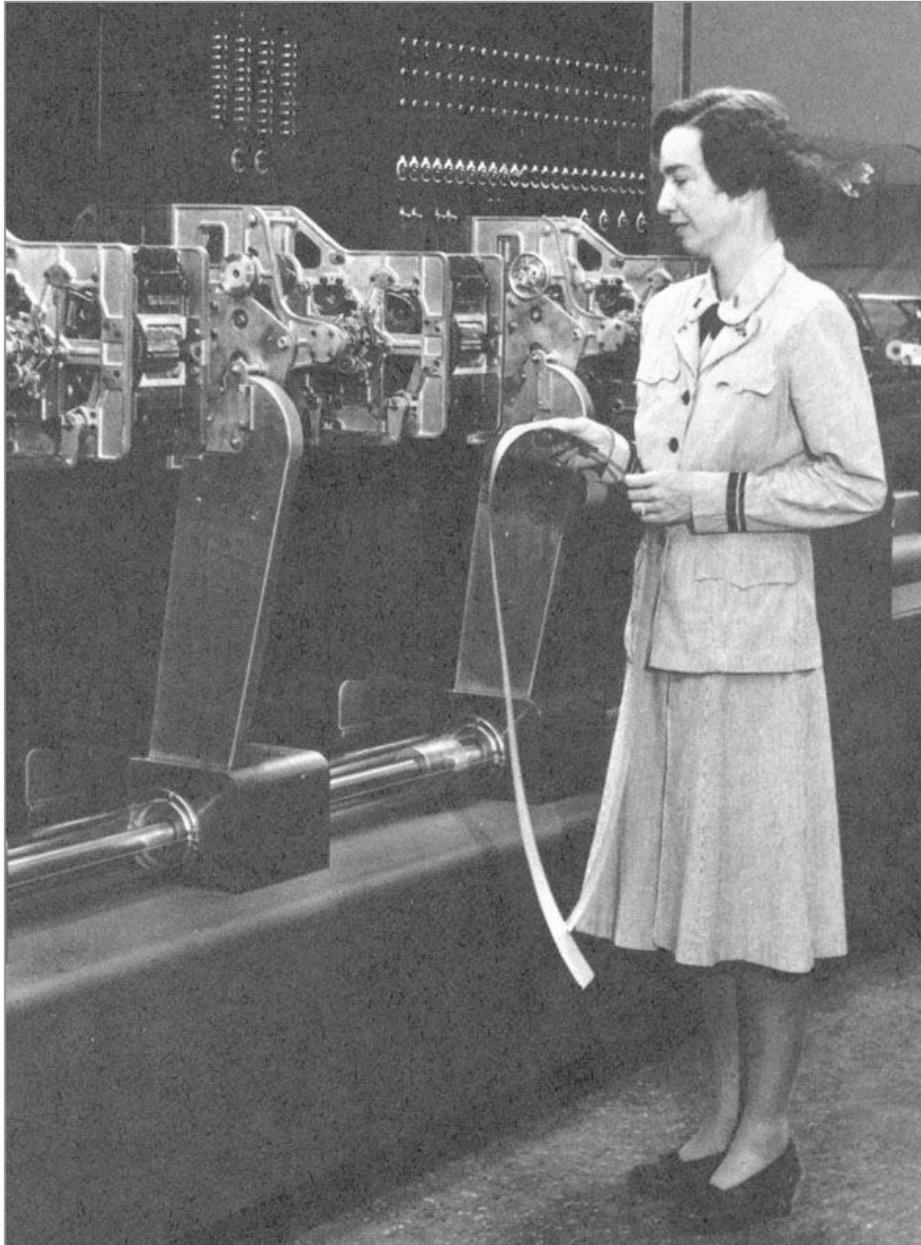


**Howard Hataway
Aiken
(1904 - 1995)**

I calcolatori di Aiken erano degli ibridi tra diverse tecnologie. Qui è raffigurato il **Mark II** (1948), uno dei più grandi, per dimensioni, tra i “mostri meccanici” dell’epoca.

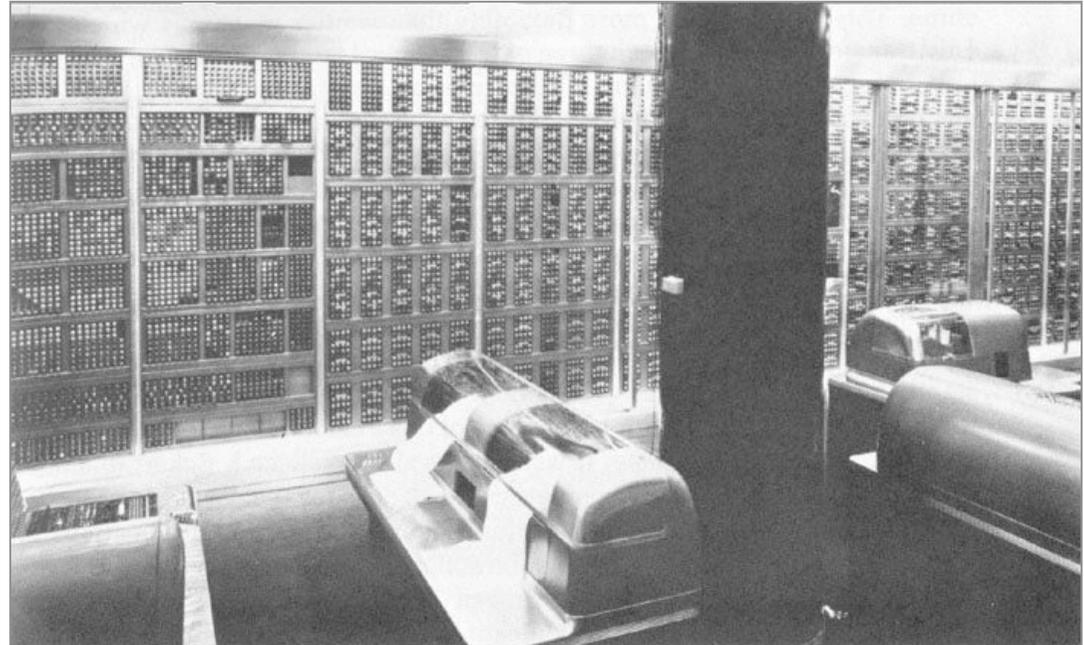
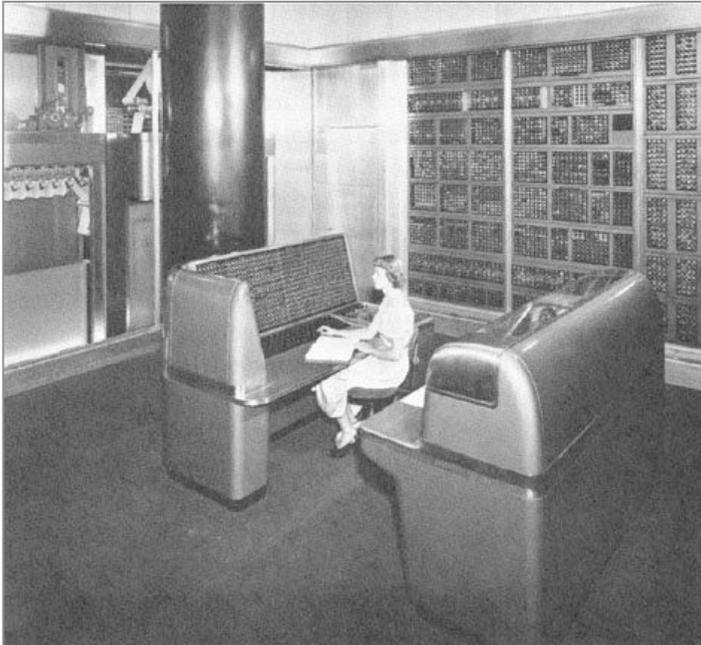
La storia dei calcolatori progettati da Aiken, matematico dell’Università di Harvard, è analoga a quella di Stibitz e si svolge tra il **Mark I** (costruito in uno degli stabilimenti IBM nel periodo 1939-43) e il **Mark IV** del 1958, ormai in epoca di computer completamente elettronici.





Grace Hopper, la futura “signora del software” e viceammiraglio, ha iniziato la sua carriera lavorando come ufficiale distaccato presso il laboratorio di Aiken alla Harvard University. Qui è ritratta con in mano una banda di carta perforata contenente un “programma” per il grande calcolatore Mark I.

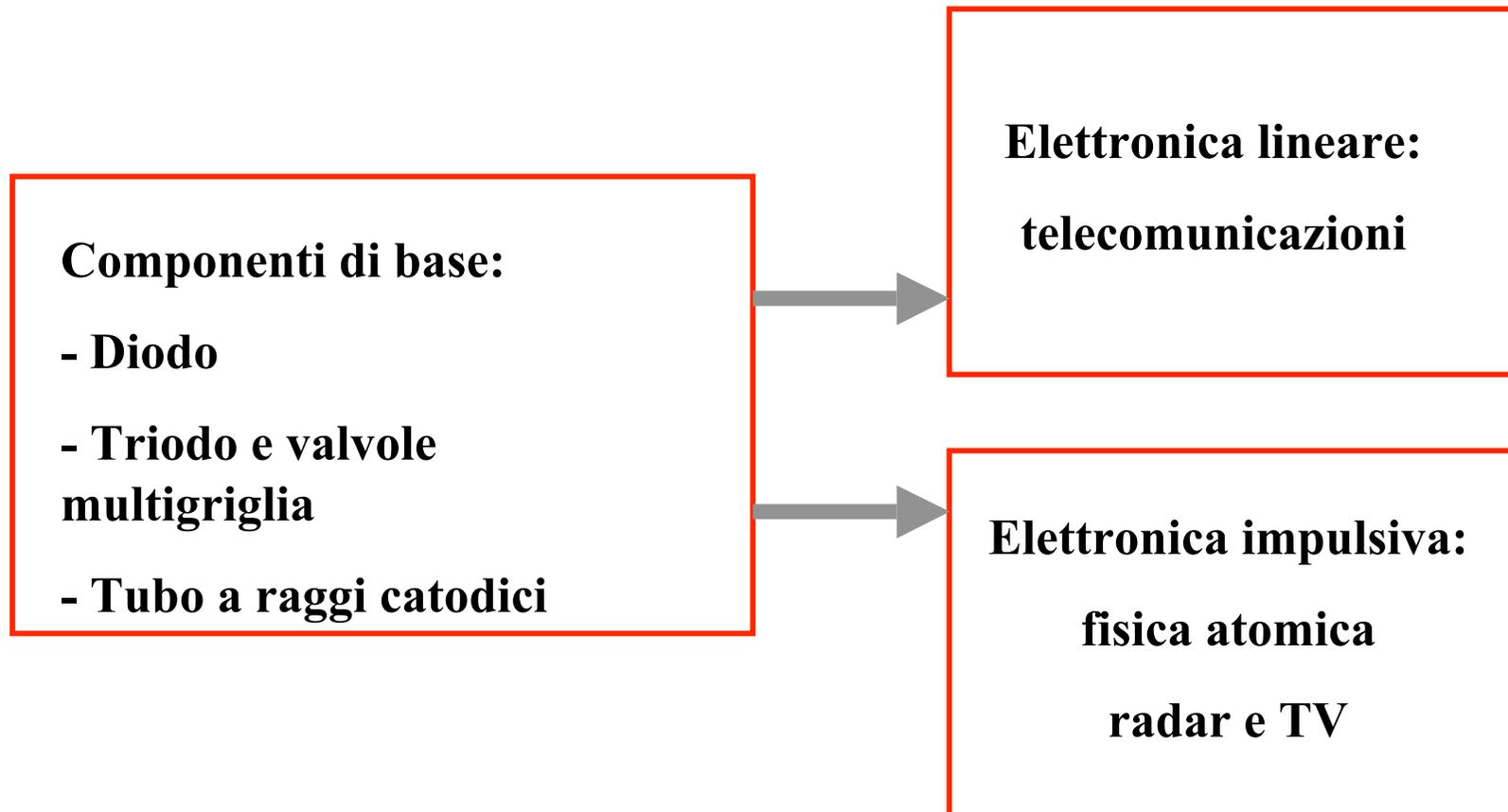
In seguito lasciò Harvard (e temporaneamente anche il servizio nella marina) per diventare programmatore capo - oggi si direbbe direttore dello sviluppo software - nella EMC, l’azienda che Eckert e Mauchly, come si vedrà, fondarono appena conclusa la realizzazione dell’ENIAC.



Cessata, con dissapori, la collaborazione con Aiken, l'IBM costruì in casa propria il suo mostro meccanico: il **SSEC (Selective Sequence Controlled Calculator)** completato nel 1947 e rimasto un esemplare unico.

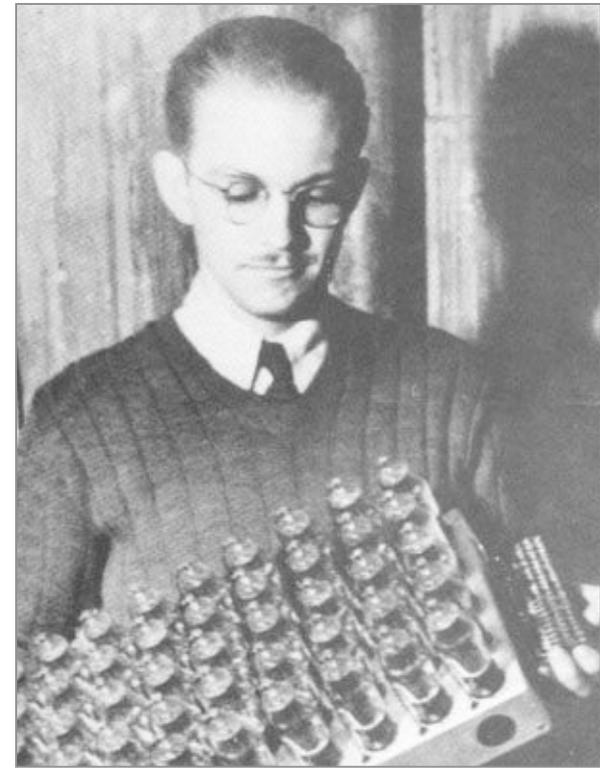
Il SSEC fu mandato in pensione nel 1952, ormai superato dal ben più potente 701, il primo computer elettronico a programma registrato che l'IBM abbia prodotto in serie.

UN PASSAGGIO CRUCIALE: DALL'ELETTRONICA "LINEARE" ALL'ELETTRONICA "NON LINEARE" O "IMPULSIVA"





**John Vincent
Atanasoff
(1903 - 1995)**



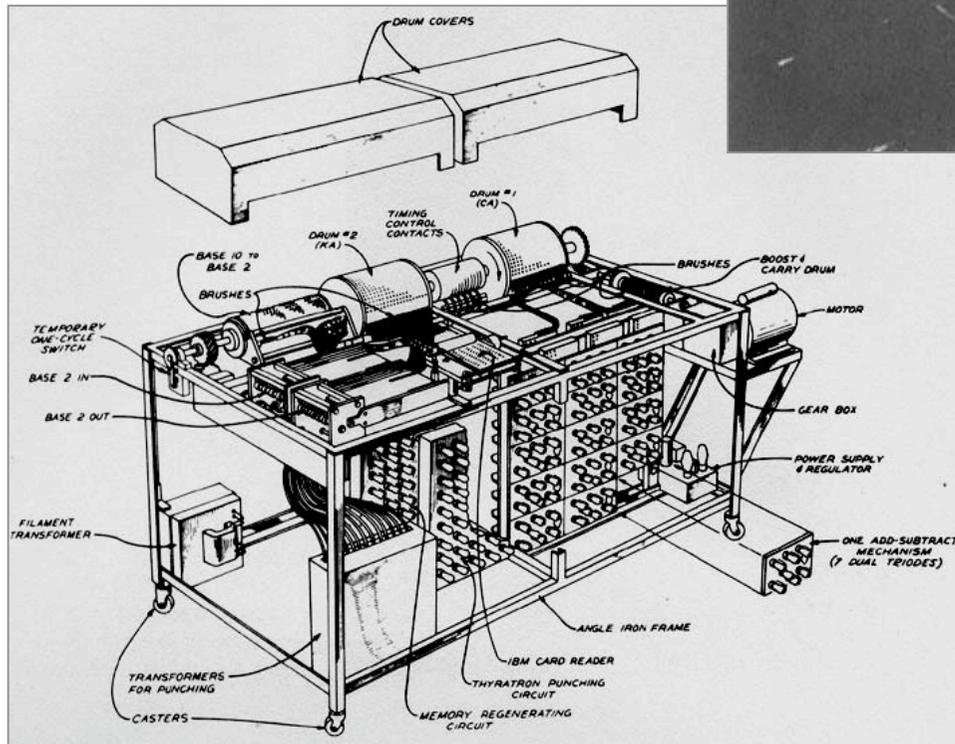
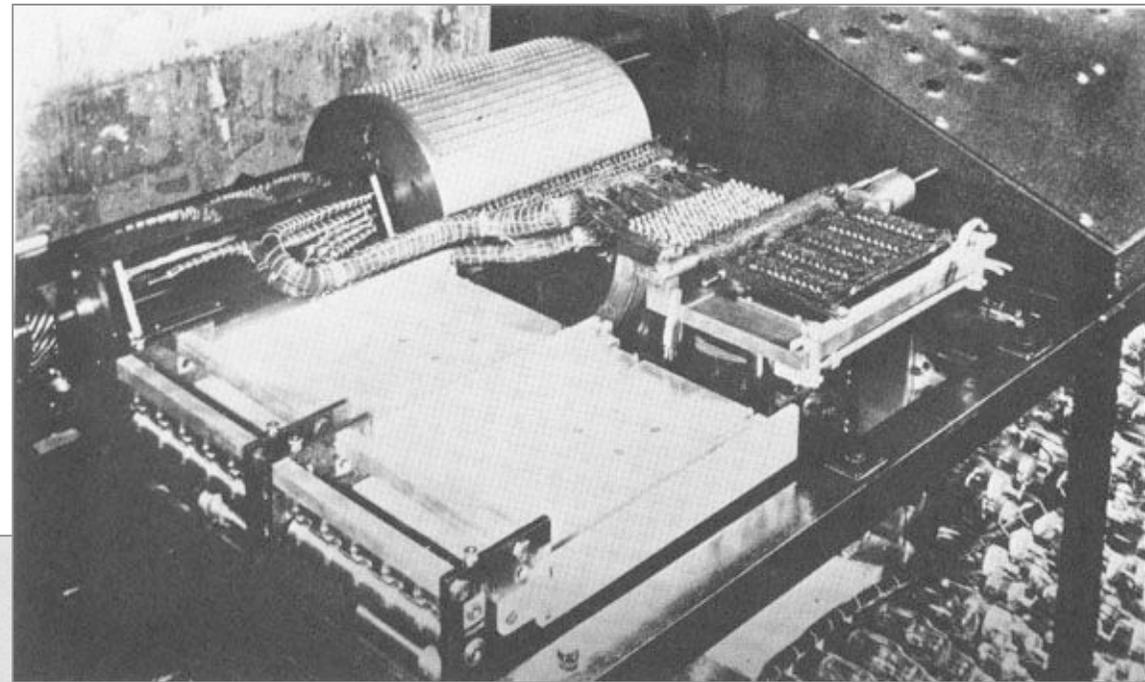
**Clifford
Edward Berry
(1918 - 1963)**

Il fisico Atanasoff, di origine bulgara, è stato il primo ad avere l'idea di usare l'elettronica per realizzare un calcolatore. Mentre insegnava all'Iowa State College, tra il 1939-42 e con il prezioso aiuto del suo allievo Berry, realizzò l'**ABC (Atanasoff Berry Computer)** ma poi, distratto dal richiamo alle armi, non riprese questo tipo di ricerche che caddero nel dimenticatoio e la macchina fu smantellata.

I meriti e la priorità di Atanasoff emersero quasi per caso in una lunga contesa legale a proposito dei brevetti relativi all'ENIAC. Atanasoff, pur estraneo alla contesa, fu il vincitore morale in quanto risultò che alla base di quei brevetti c'erano proprio le sue idee sull'impiego dell'elettronica. Infatti Mauchly, uno dei progettisti del famosissimo ENIAC, aveva avuto ampia conoscenza di quelle idee.

Il calcolatore ABC in costruzione in una immagine dell'epoca. La macchina, come già detto, fu smantellata ma intorno al 1990 è stata ricostruita a cura dell'Iowa State University.

Era una macchina specializzata per la risoluzione di sistemi di equazioni lineari.



Schema generale dell'ABC, **primo sistema di calcolo a tecnologia elettronica.**

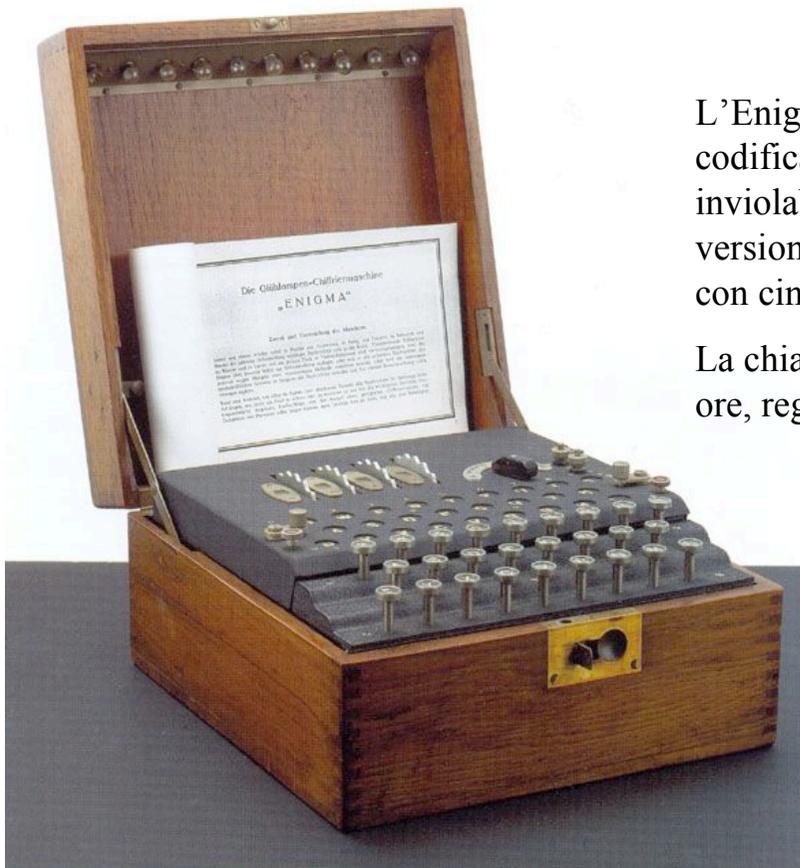
La memoria non era però realizzata con valvole termoioniche: era costituita da due banchi di condensatori fissati alla superficie dei cilindri ruotanti, ben visibili nella parte superiore. Ciascuno dei condensatori, che poteva essere carico o scarico, rappresentava una cifra binaria (bit). L'ABC infatti - altra innovazione peraltro concomitante con gli analoghi e sconosciuti lavori di Zuse - operava su numeri rappresentati in forma binaria anziché in decimale codificato.



L'**Enigma** (inventata in Polonia nel decennio 1920 e destinata inizialmente ad uso civile) fu il principale mezzo per le comunicazioni segrete delle forze armate germaniche durante la seconda guerra mondiale.

Gli inglesi riuscirono a violarne il codice ottenendo enormi vantaggi per la condotta delle operazioni in terra e in mare.

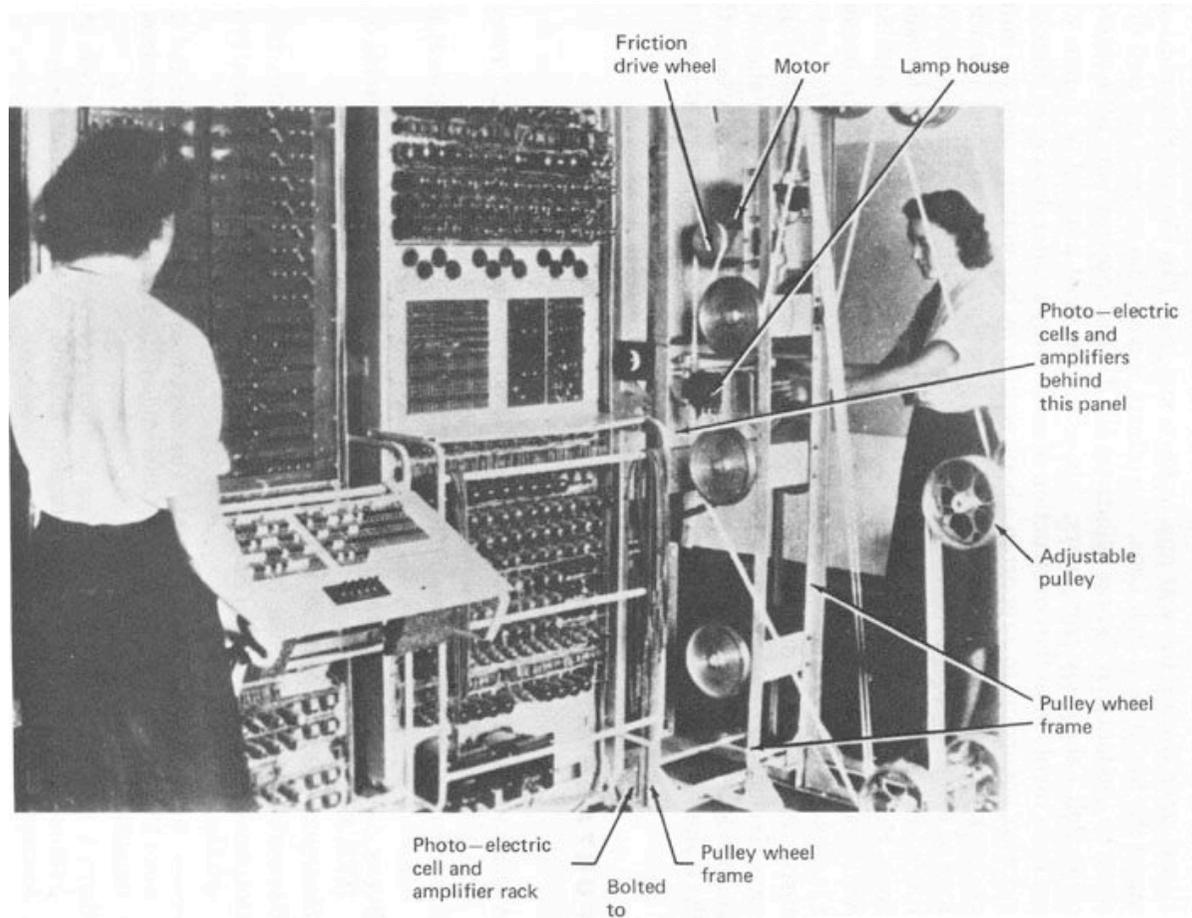
La foto ritrae il generale Heinz Guderian sul suo carro-comando, durante la guerra lampo contro la Francia (1940); in basso a destra si vede la macchina crittografica Enigma.



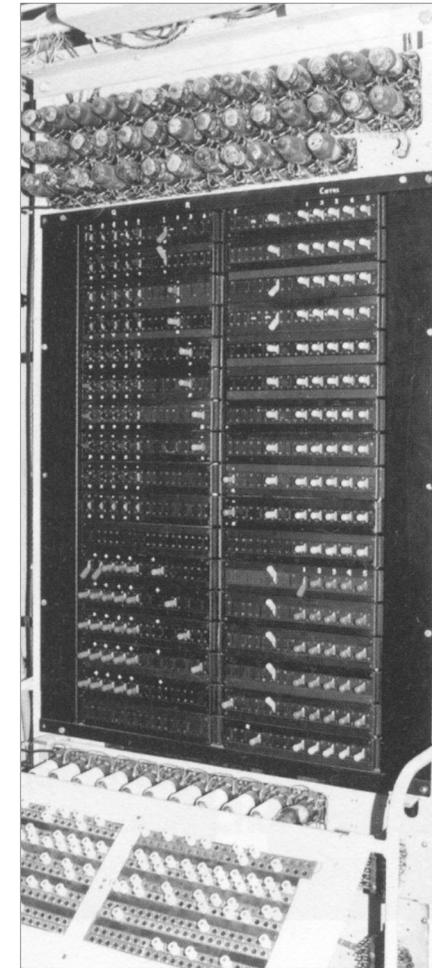
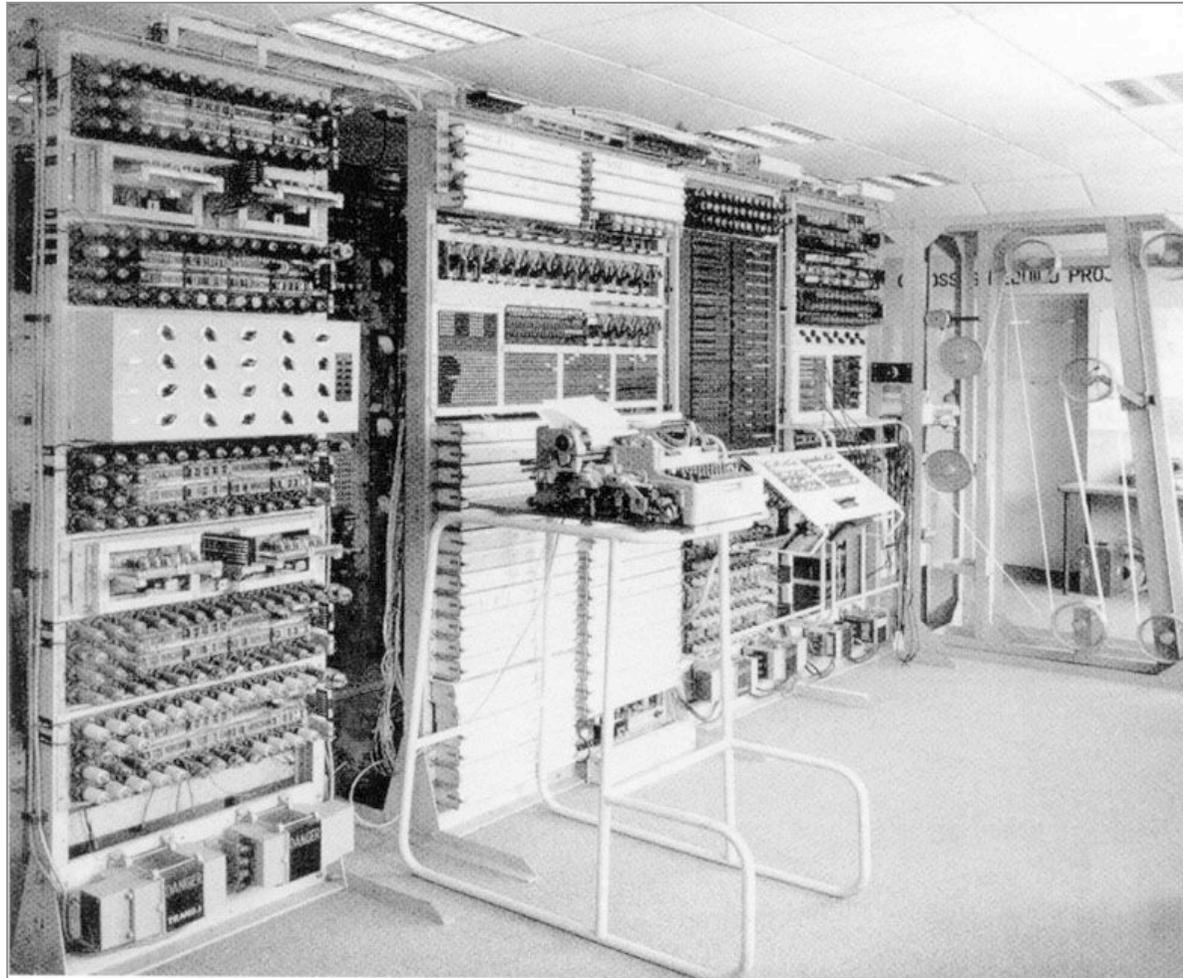
L'Enigma nella versione più semplice aveva tre rotori di codifica. Pur avendo una fiducia totale nella sua inviolabilità, i germanici la resero più sicura adottando versioni con quattro rotori (come nella foto) e addirittura con cinque nell'Enigma della marina.

La chiave di cifratura veniva inoltre cambiata ogni 24 ore, regolate sul fuso di Berlino.

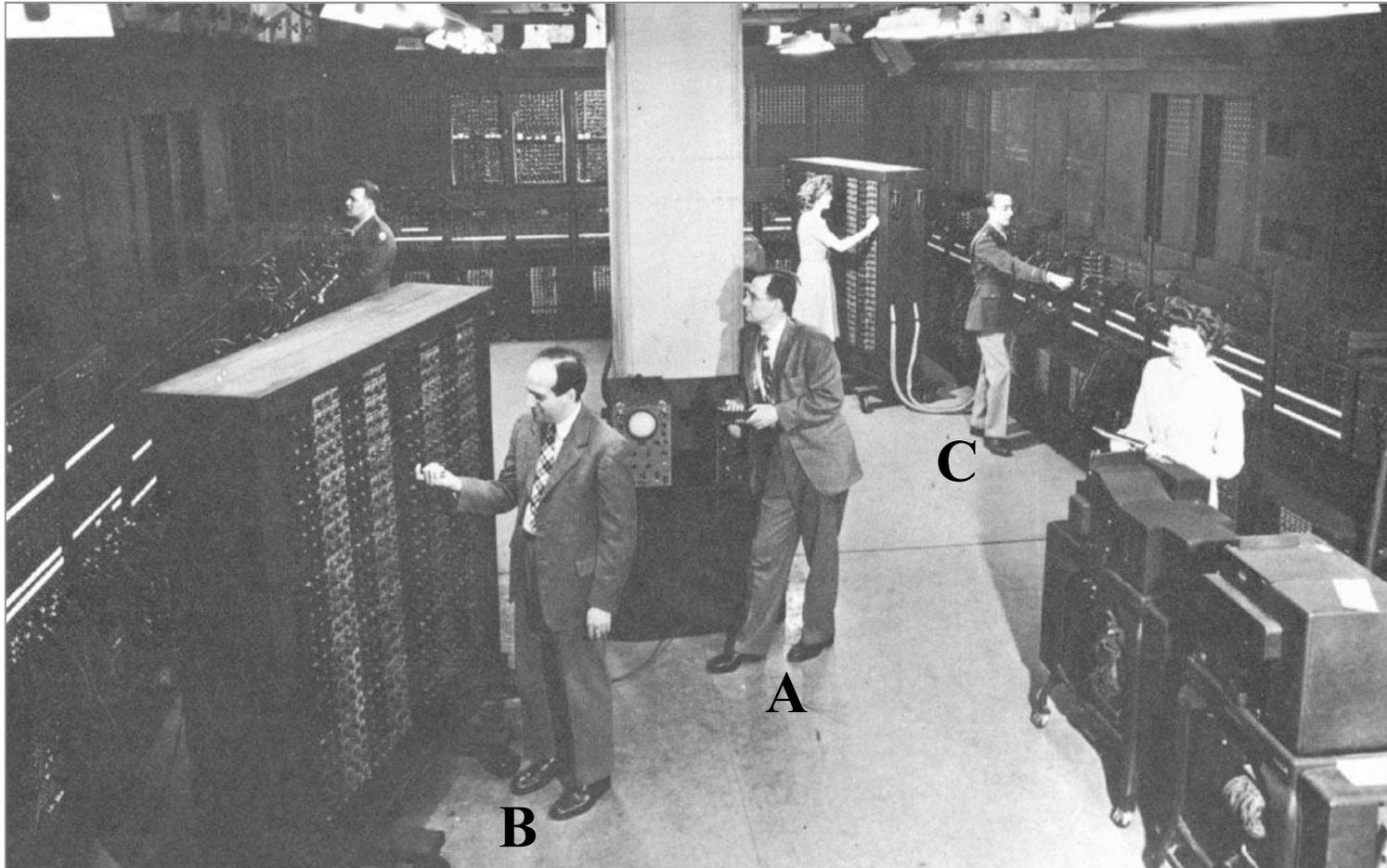
Il cuore della guerra anti-Enigma è stata la *Code and Cipher School* ubicata a Bletchley Park, tra Londra e Cambridge. Dopo le “bombe” elettromeccaniche, gli inglesi, all’inizio del 1944, realizzarono il **COLOSSUS** la cui velocità operativa (conseguita con la **tecnologia elettronica**) consentiva di tenere il passo con l’enorme quantità dei messaggi intercettati. Max Newman, Tom Flowers e Alan Turing furono i protagonisti del progetto.



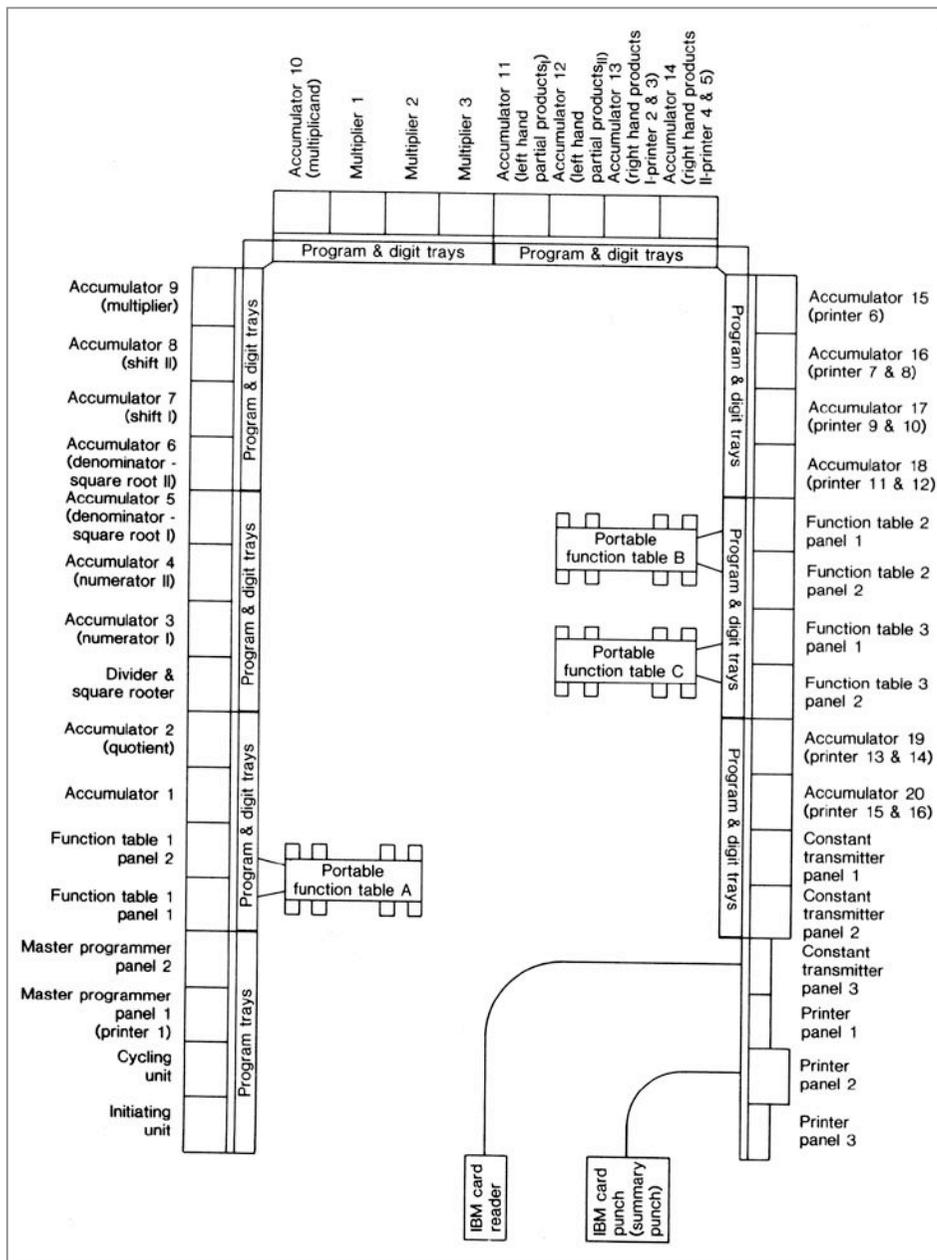
Una delle pochissime immagini dal vivo del COLOSSUS, di cui furono costruiti una decina di esemplari. Finita la guerra, macchine e documenti relativi a Bletchley Park furono distrutti e le attività che vi si svolsero sono rimaste “top secret” per trent’anni.



Alla fine del secolo scorso, un COLOSSUS è stato laboriosamente ricostruito sulla base delle poche informazioni superstiti. Più che di un calcolatore, si trattava di un **elaboratore logico**; il suo modulo di comando (foto a destra) era infatti denominato **pannello di programmazione delle funzioni booleane**.
Malgrado la segretezza, il know-how acquisito nell'elaborazione elettronica fu prontamente riutilizzato nella costruzione dei primi computer inglesi, specialmente ad opera di Newman e di Turing.



Il grande calcolatore elettronico **ENIAC** realizzato dalla Moore School of Electrical Engineering (Philadelphia) tra il 1943 e il 1946, per conto dell'Esercito. Protagonisti principali furono John Mauchly (**A**), J. Presper Eckert (**B**) e Herman H. Goldstine (**C**) ai quali si aggiunse come consulente il matematico John von Neumann. L'ENIAC era realizzato con **tecnologia elettronica** ma non incorporava ancora il fondamentale concetto del programma registrato in memoria. A questo celebre calcolatore furono in seguito apportate numerose migliorie che lo mantennero in funzione fino al 1955.



Pianta dell'ENIAC.

Il locale che lo ospitava misura circa 18 x 9 m.

Una macchina imponente che è passata alla storia per i suoi 18.000 tubi elettronici e per il consumo di 140 kw.

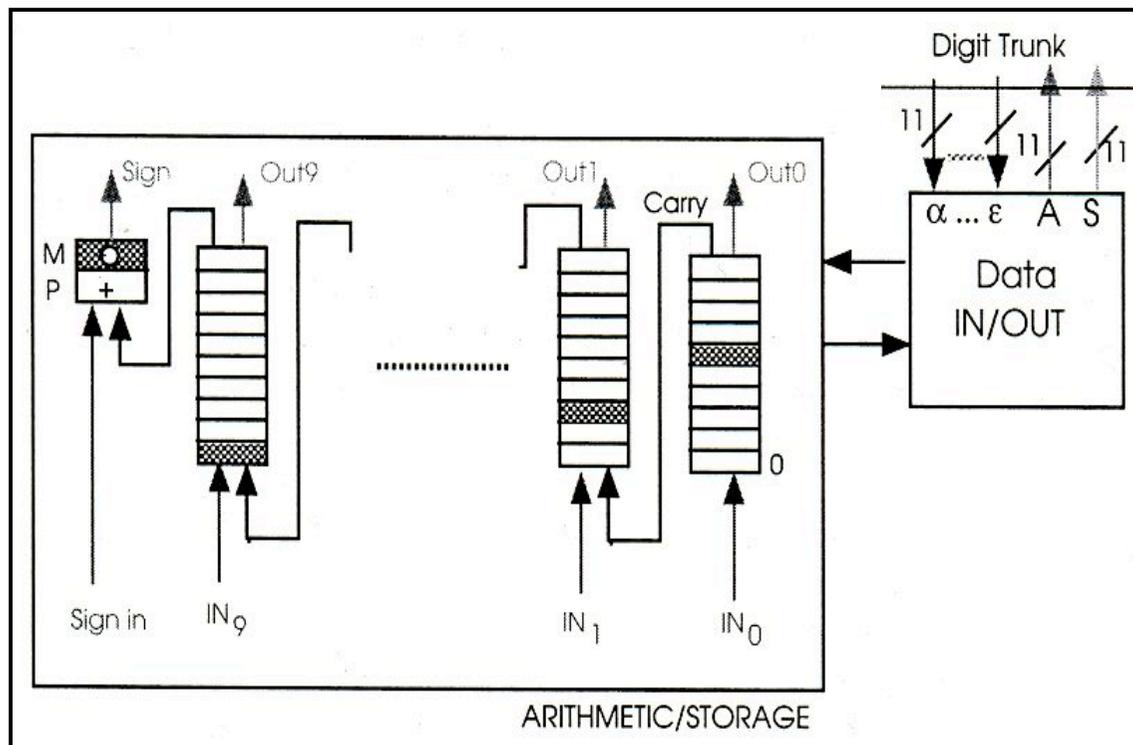
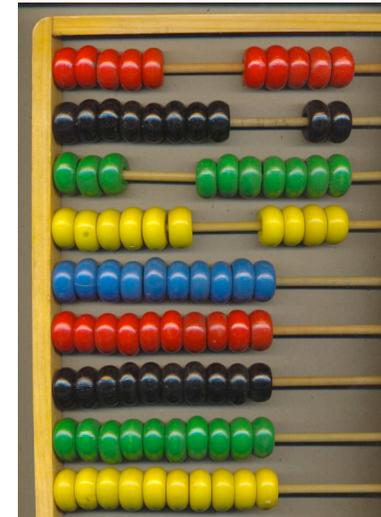
Eckert e Mauchly lasciarono la Moore School e fondarono la loro ECC (Electronic Control Company), una delle prime aziende a produrre **computer per il mercato**.

La ECC, nel 1950, fu acquisita dalla Remington Rand e ne divenne la divisione UNIVAC.

0	0000000000
1	0000000010
2	0000000100
3	0000001000
4	0000010000
5	0000100000
6	0001000000
7	0010000000
8	0100000000
9	1000000000

Codifica delle cifre decimali negli accumulatori (Arithmetic / Storage) dell'ENIAC.

La si potrebbe associare al "pallottoliere" nostrano che ha 10 palline per ogni posizione decimale.



10 flip-flop (bit) elettronici per cifra; per ogni accumulatore capace di 10 cifre occorre 100 valvole; di tali accumulatori ce n'erano 10 (1.000 valvole in totale), accoppiabili due a due per calcolare con 20 cifre.

Era la soluzione meno economica. Essendo però i dieci bit di ogni cifra collegati "ad anello", consentiva lo "scorrimento" veloce del bit attivo

dei riporti.



John von Neumann (1903 - 1957)

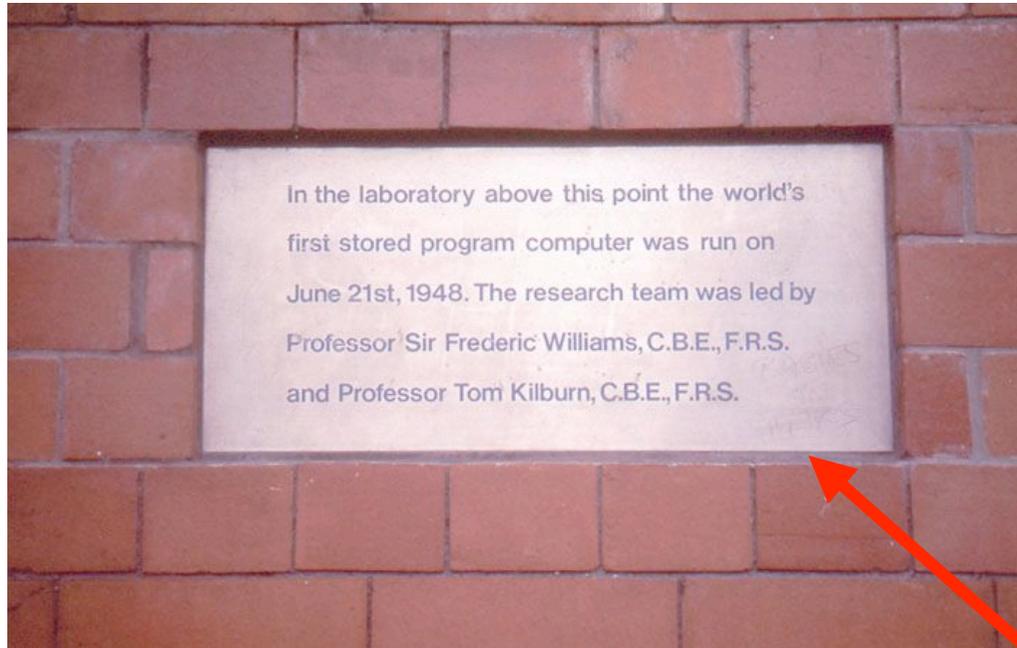
La celebre “bozza” in cui viene descritta la “**architettura di von Neumann**” (giugno 1945). Il punto qualificante del progetto consiste nel funzionamento in base al programma registrato in memoria (*Stored Program Computer*) e capace di automodificarsi durante l’esecuzione.

First Draft of a Report on the EDVAC

John von Neumann

Contract No. W-670-ORD-4926 between the United States Army Ordnance Department and the University of Pennsylvania.

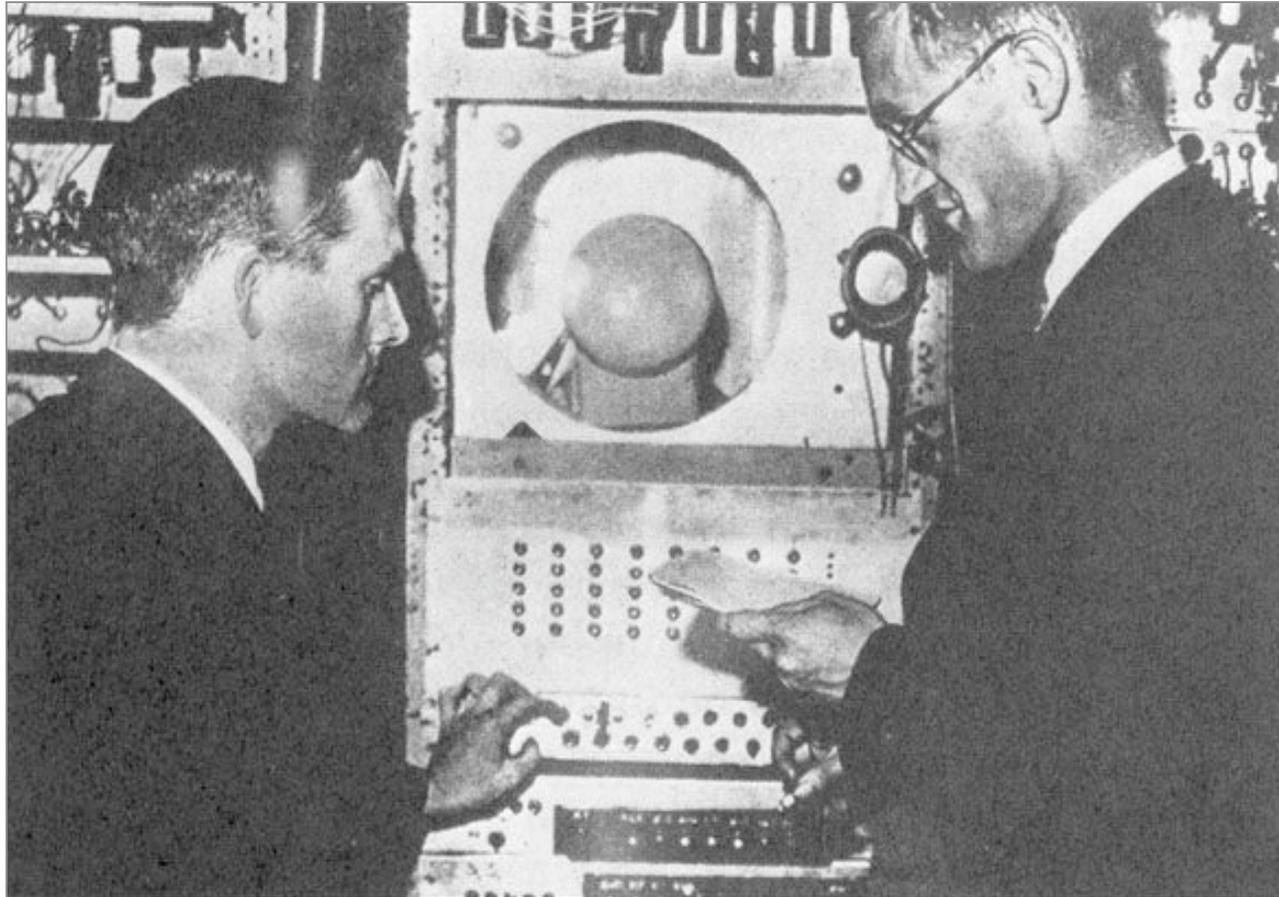
Il computer **EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer)** fu costruito faticosamente alla Moore School dopo l’esodo dei protagonisti dell’ENIAC. Divenne operativo appena nel 1951 presso il Laboratorio di ricerche balistiche dell’esercito dove rimase in servizio fino al 1962.



Questa targa in pietra, affissa alla parete del vecchio laboratorio di fisica dell'università di Manchester, può essere considerata il “certificato di nascita” (21 giugno 1948) del moderno computer elettronico a programma memorizzato (*Stored Program Computer*).



Quando l'architettura di von Neumann divenne di dominio pubblico, negli USA e in Inghilterra si misero in moto una decina di progetti per realizzarla in pratica, anche con l'intenzione di “arrivare primi”. Seppure di stretta misura, la palma del **primato cronologico** toccò a Manchester grazie alla sua scelta di non mirare subito al grande computer, bensì a una macchina minimale ma completa, da realizzare nel minor tempo possibile; non per nulla fu chiamata la *baby machine*.



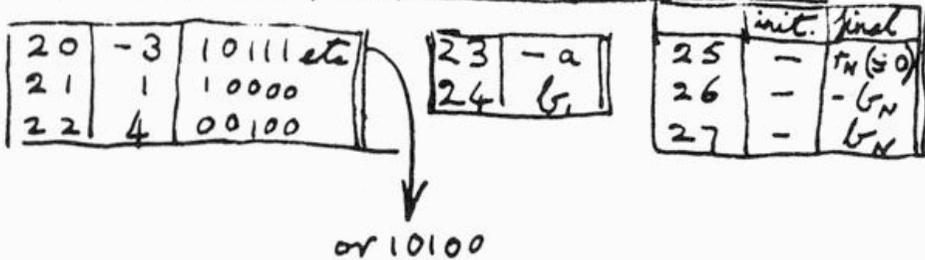
F.C. Williams, a destra, e Tom Kilburn davanti alla **memoria elettrostatica a tubo catodico** (inventata e brevettata dallo stesso Williams) che era uno dei punti di forza del computer di Manchester. Questo tipo di memoria e quello a **linea di ritardo elettroacustica** furono le due soluzioni adottate nei computer pionieristici.

19/7/48

Kilburn Highest Factor Routine (amended)

Instruction	C	26	26'	27	line	0	1	2	3	4	5	13	14	15
-24 to C	$-b_1$	-	-	-	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0
c to 26			$-b_1$		2	0	1	0	1	1	1	1	1	0
-26 to C	b_1				3	0	1	0	1	1	0	1	0	0
c to 27			$-b_1$	b_1	4	1	1	0	1	1	1	1	1	0
-23 to C	a	T_{n-1}	$-b_n$	b_n	5	1	1	1	0	1	0	1	0	0
sub 27	$a - b_n$				6	1	1	0	1	1	0	0	0	1
test					7	-	-	-	-	-	-	0	1	1
add 20 to bl					8	0	0	1	0	1	1	1	0	0
sub. 26	r_n				9	0	1	0	1	1	0	0	0	1
c to 25		r_n			10	1	0	0	1	1	1	1	1	0
-25 to C					11	1	0	0	1	1	0	0	1	0
test					12	-	-	-	-	-	-	0	1	1
stop	0	0	$-b_n$	b_n	13							1	1	1
-26 to C	b_n	r_n	$-b_n$	b_n	14	0	1	0	1	1	0	0	1	0
sub. 21	b_{n-1}				15	1	0	1	0	1	0	0	0	1
c to 27	b_{n+1}			b_{n+1}	16	1	1	0	1	1	1	1	1	0
-27 to C	$-b_{n+1}$				17	1	1	0	1	1	0	0	1	0
c to 26			$-b_{n+1}$		18	0	1	0	1	1	1	1	1	0
22 to bl.	r_n		$-b_{n+1}$	b_{n+1}	19	0	1	1	0	1	0	0	0	0

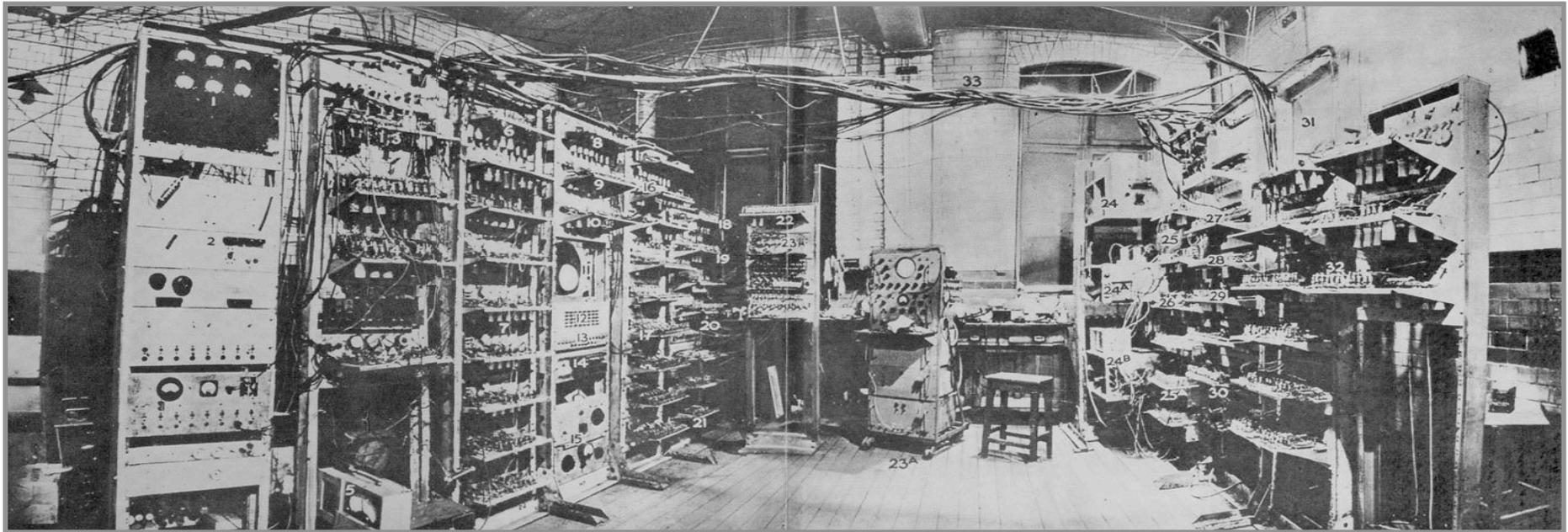
or 000



Il programma "inaugurale" preparato per il test della macchina *baby machine* e sopravvissuto in quaderno di laboratorio.

Il programma vero e proprio, scritto in linguaggio macchina e codificato bit per bit, si trova nelle due colonne sulla destra.

La macchina *baby* era veramente spartana: RAM di 32 parole di 16 bit ciascuna (il programma ne usa solo 27); frequenza inferiore a 1 MHz; addizione in qualche ms.



L'aspetto confusionale del laboratorio di fisica, durante la realizzazione del prototipo "grande" (Mark I), successivo alla macchina *baby*.

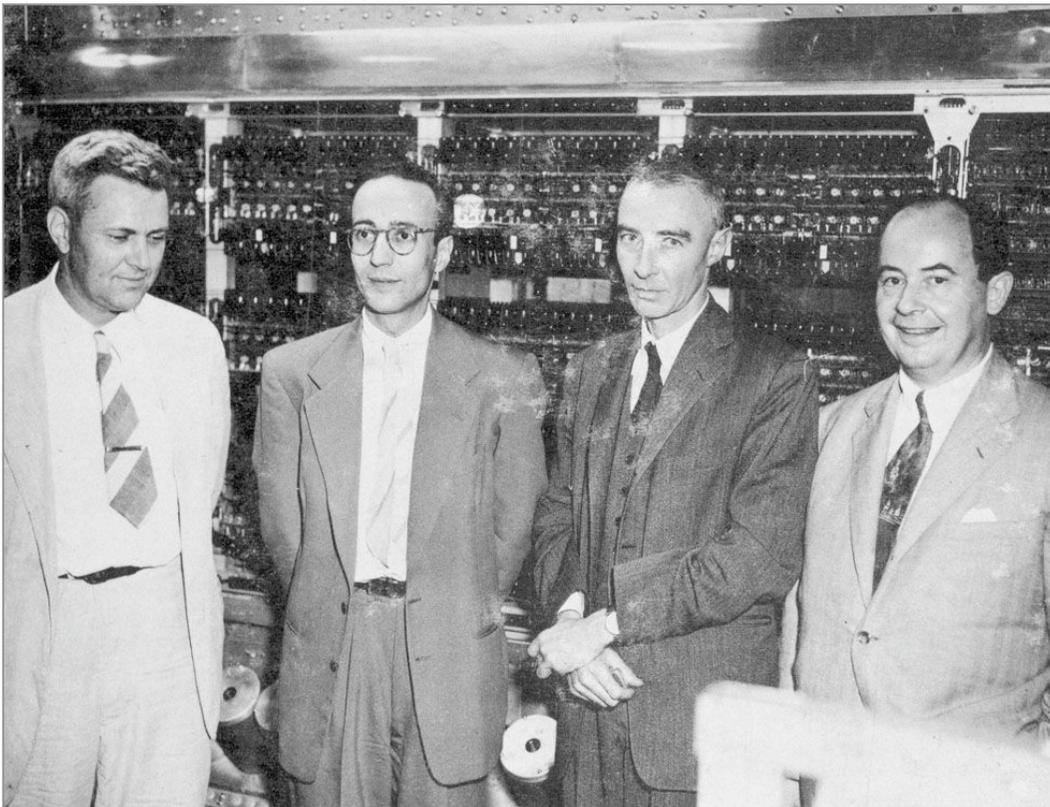


Il prototipo sviluppato dall'università fu ingegnerizzato e prodotto industrialmente (nove esemplari venduti, un successo per quell'epoca), in una veste più "elegante" rispetto a quella del laboratorio, negli stabilimenti della Ferranti Ltd. a Manchester. La massa dei circuiti è ora alloggiata nei grandi armadi laterali. Nel 1954 uno di questi computer (versione Mark I*) venne acquistato dal CNR e installato a Roma presso l'INAC.

Nella foto, tra i personaggi che lavorano al tavolo di controllo, quello in piedi è Alan Turing.

Lasciata la Moore School e il progetto dell'EDVAC - che ebbe vita stentata in quanto anche Eckert e Mauchly, conclusa l'esperienza ENIAC, se n'erano andati per la loro strada - von Neumann si dedicò con grande energia a progettare un computer per lo IAS (Institute of Advanced Study; Princeton) che era la sua sede accademica. In questa impresa dovette faticare molto per trovare i finanziamenti e, inaspettatamente, per superare la resistenza dei colleghi che vedevano lesa la tradizione di ricerca astratta e teorica propria dell'Istituto: uno "strumento", fosse pure atipico come il rivoluzionario computer, era fuori luogo tra quelle mura.

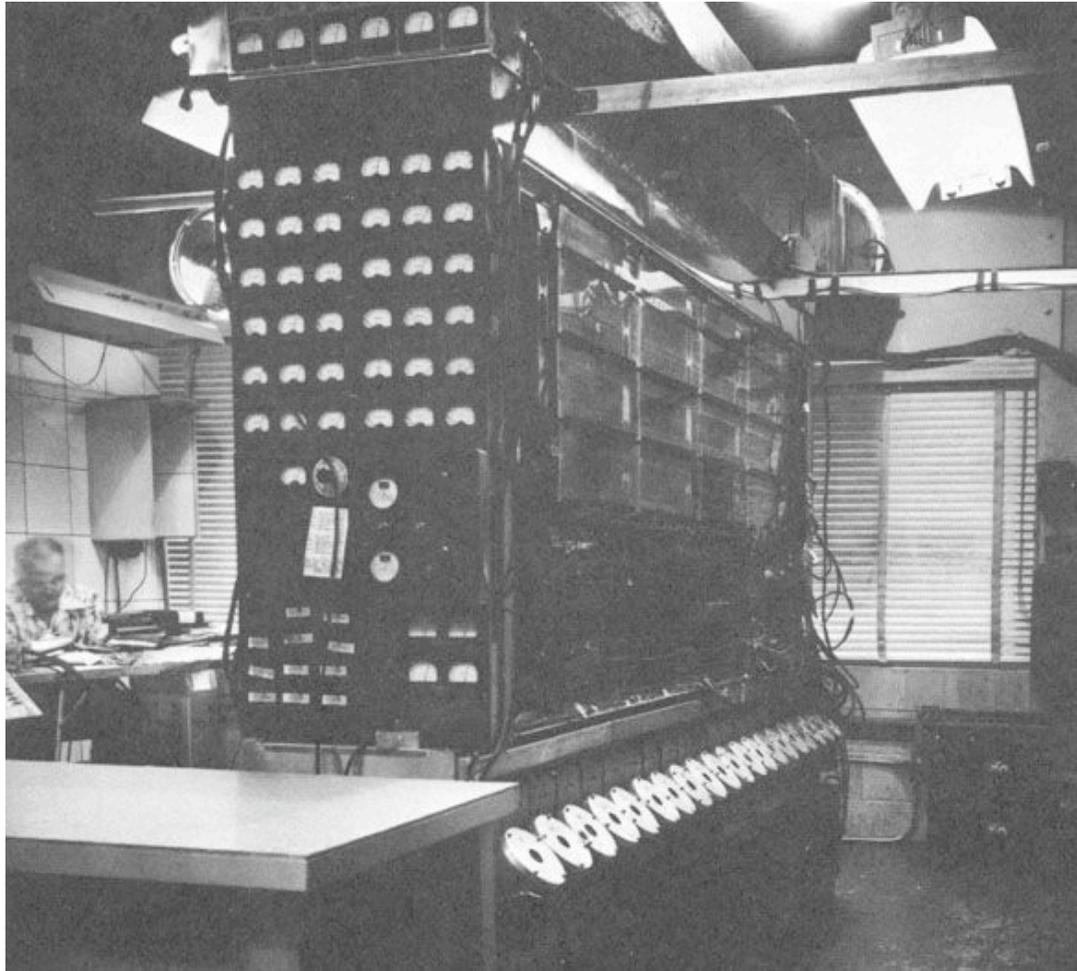
Tuttavia l'ebbe vinta e ne risultò una macchina molto diversa e superiore all'Edvac, molto potente anche se di dimensioni fisiche contenute. Grazie anche al prestigio di cui godeva von Neumann, il modello della "IAS Machine" fu replicato quasi identico da parecchie altre istituzioni scientifiche, governative e anche private tra le quali il Laboratorio atomico di Los Alamos che battezzò il suo computer con il nome MANIAC.



Da sinistra: Julian Bigelow (direttore dell'ingegneria del computer), Goldstine, Robert Oppenheimer e von Neumann. Sullo sfondo, il computer dello IAS completato nel 1952.

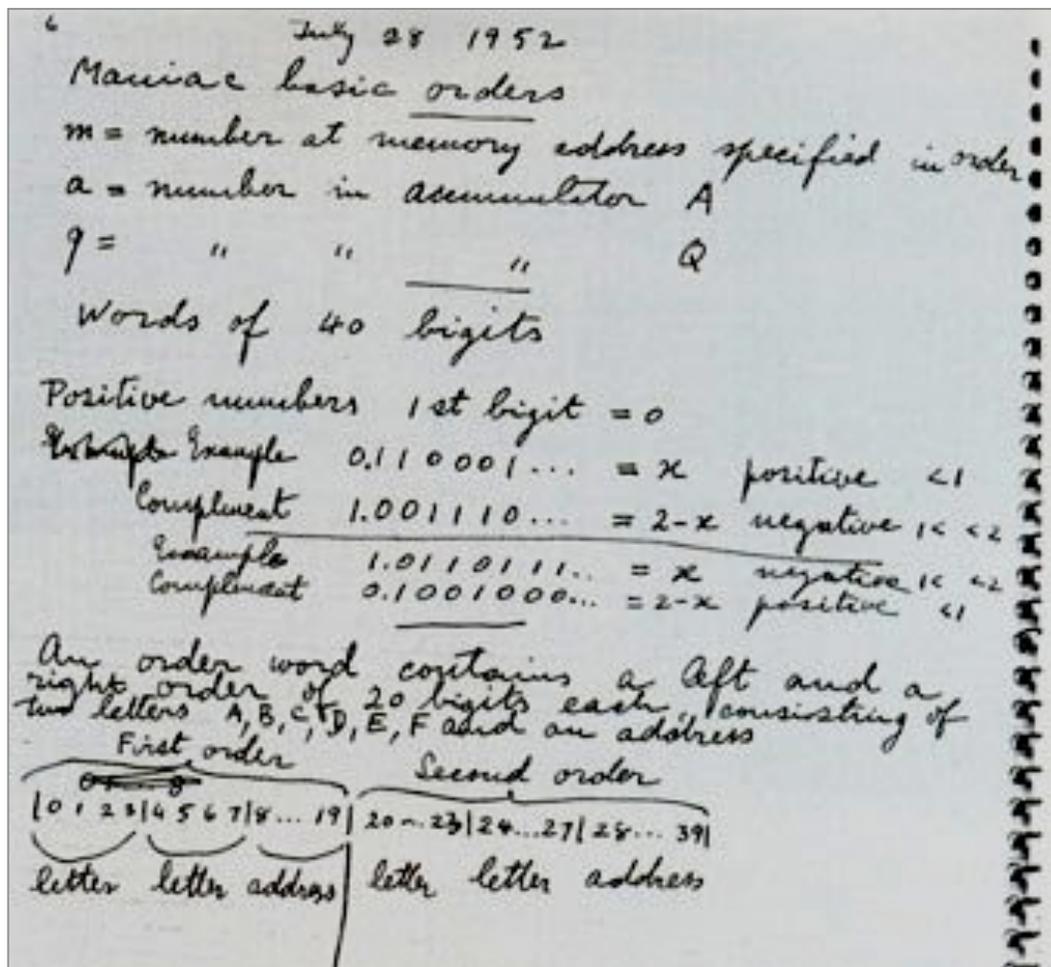
Oppenheimer, che al momento dirigeva lo IAS, era stato il direttore scientifico del laboratorio di Los Alamos dove si costruirono le prime bombe atomiche (Progetto Manhattan).

Lo stesso von Neumann aveva collaborato al Progetto Manhattan e continuò ad occuparsi di questioni analoghe anche dopo la fine della guerra, come influente membro della AEC (Atomic Energy Commission) di cui fece parte anche Enrico Fermi.



La **Macchina IAS** (1952) il cui aspetto tipico è caratterizzato dalle 40 memorie elettrostatiche a raggi catodici (Tubi di Williams) venti delle quali sono visibili mentre le altre sono sul lato opposto.

I 40 tubi catodici, che appaiono schermati entro cilindri metallici, hanno una capacità complessiva di 4.096 parole di 40 bit. Le istruzioni di macchina del computer IAS erano a un solo indirizzo denunciando con ciò una struttura interna analoga a quella che si vedrà esaminando il computer inglese EDSAC.



Anche Enrico Fermi fece largo uso dello IAS Computer e poi del **MANIAC (Mathematical Analyzer, Numerical Integrator and Computer)**.

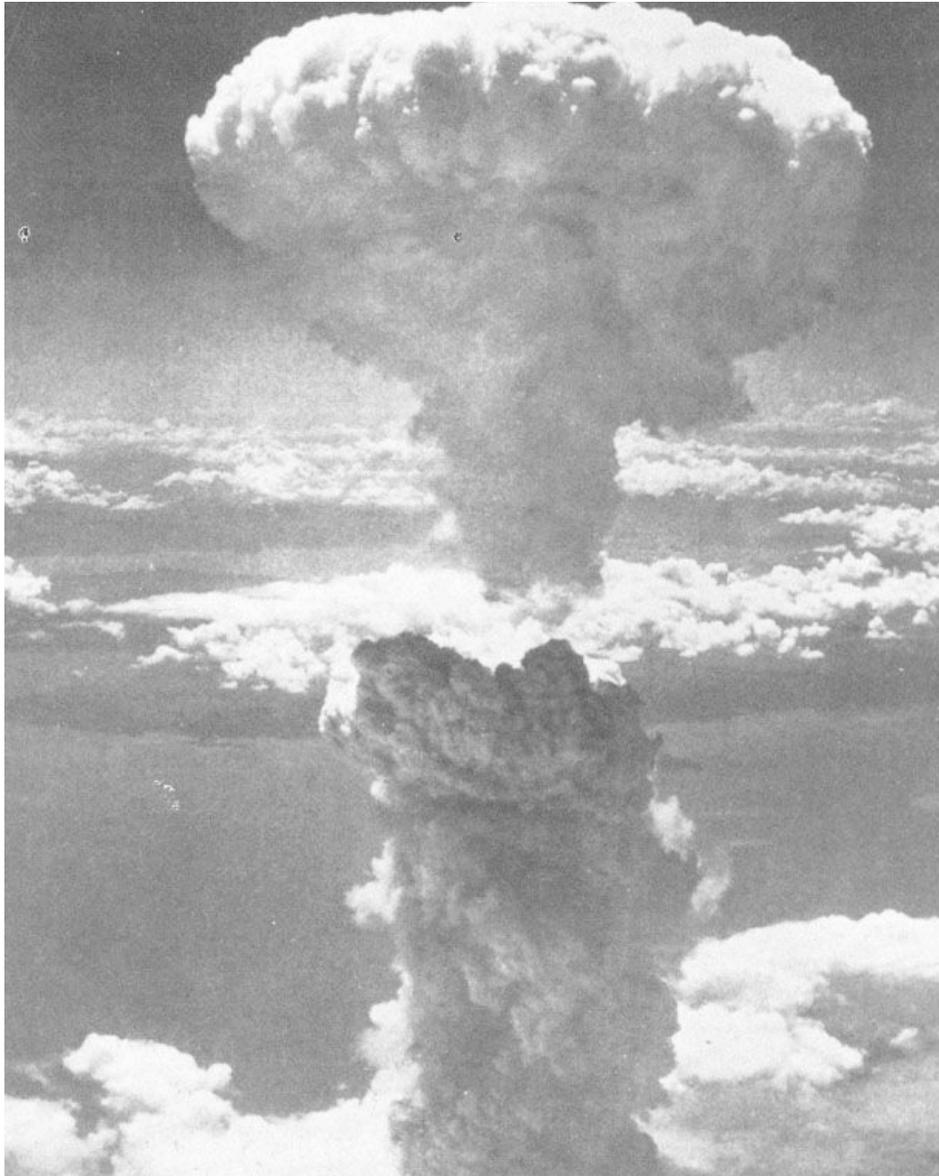
Il MANIAC fu realizzato a Los Alamos nel 1952 sul modello dello IAS Computer e sotto la direzione di Nicholas (Nik) Metropolis.

Fermi divenne rapidamente anche un esperto programmatore; tra le molte applicazioni di cui si occupò figura anche la simulazione numerica di fenomeni non lineari, una tecnica da lui concepita assieme al matematico Stanislaw Ulam e al fisico John Pasta.

Fu grazie a queste sue approfondite esperienze che Fermi, nel 1954, suggerì la costruzione della CEP (Calcolatrice Elettronica Pisana) di cui parleremo in una prossima lezione.

Appunti di Fermi relativi al computer MANIAC (1952) conservati nel Fermi Archive - University of Chicago Library.

Tra i vari dettagli interessanti, si noti la terminologia ancora arcaica: **bigit** invece di **bit**; **order** invece di **instruction**.



Le necessità di calcolo connesse allo sviluppo degli ordigni atomici e della missilistica a lungo raggio sono state negli USA tra le principali motivazioni per i finanziamenti militari allo sviluppo del computer.

Mentre l'ENIAC divenne operativo troppo tardi per concorrere al Progetto Manhattan, il computer dello IAS e poi naturalmente il MANIAC furono utilizzati intensamente per lo sviluppo della successiva bomba termonucleare (Bomba H).

Nel 1946 J.P. Eckert e J.W Mauchly lasciarono la Moore School di Philadelphia e i progetti che vi erano in corso - tra cui l'EDVAC - e fondarono la loro azienda EMC (Eckert-Mauchly Corporation; in un primo momento Electronic Control Co.).

I loro primi successi furono i computer BINAC (1949) e specialmente l'UNIVAC (1951). L'impresa fu però un disastro dal punto di vista finanziario e la EMC fu acquisita nel 1951 dalla Remington-Rand la quale, anche attraverso i propri riassetti aziendali, mantenne per decenni il nome UNIVAC alla propria divisione computer.

I due soci avevano percepito prontamente che il computer sarebbe rapidamente diventato appetibile per le attività aziendali e quindi cercarono la loro clientela soprattutto nelle grandi organizzazioni private (assicurazioni, banche, trasporti) ma furono anche bene attenti a curare, direttamente o indirettamente, le vie d'accesso alle succulente commesse dei militari; erano stati proprio i militari, dopotutto, a finanziare la grande avventura dell'ENIAC.



Da sinistra: Mauchly, Groves e Eckert. Il generale Leslie R. Groves, direttore della UNIVAC (divisione della Remington-Rand), era stato il ferreo comandante del Progetto Manhattan.

Eckert, a sinistra, con Mac Arthur, presidente della Sperry-Rand (suceduta alla Remington Rand). Il generale Douglas Mac Arthur aveva comandato l'area del Pacifico durante la seconda guerra mondiale e nelle prime fasi della guerra di Corea.



La storia prosegue con il progresso sia teorico che tecnologico.

Per innescare l'esplosione quantitativa dell'informatica è stato però determinante il passaggio

La storia prosegue sia con il progresso sia teorico che tecnologico.

Per innescare l'esplosione quantitativa dell'informatica è stato però determinante il passaggio

dal computer “degli scienziati per gli scienziati”

al computer “dell'industria per il mercato”

**LA LEZIONE PROSEGUE CON L'APPENDICE:
CENNI SULLE MACCHINE DI TURING**