

# Storia dell'Informatica

Gianluca Amato

Facoltà di Economia  
Università “G. D'Annunzio” di Chieti-Pescara  
anno accademico 2004-2005

# I numeri

# I numeri

- L'invenzione dei numeri è stata una delle più grandi realizzazioni dell'umanità...
  - **Bertrand Russel**: *“It may have required many ages to discover that a brace of pheasants and a couple of days were both instances of the number two”*
- ...e ancora di più la realizzazione di sistemi con i quali rappresentare i numeri
- I primi mezzi per rappresentare i numeri furono i **sistemi di numerazione strumentale**
  - bastoncini, nodi, gettoni, etc..
  - ritrovamenti in **Medio Oriente, 8000-7500 a.c.**
    - nacquero prima della scrittura
  - **sistemi unari**: per rappresentare il numero 10, si usano 10 bastoncini (o 10 nodi, o 10 gettoni, etc...)

# Sistemi di numerazione

- Con l'invenzione della scrittura, si passò all'utilizzo di segni impressi nell'argilla
- Nel 3000 a.C. si iniziò a rimpiazzare la lunga serie di segni con nuovi segni, più semplici, che li sostituivano
  - ad esempio, nella numerazione egizia, un segno a forma di semicerchio era equivalente a 10 segni elementari
  - si tratta di **sistemi di numerazione addizionali**
    - ogni numero veniva rappresentato scrivendo una sequenza di questi simboli, e addizionandone il valore

# Sistema di numerazione egiziano

- Questi erano i simboli usati nel sistema di numerazione egiziano, tramite geroglifici:

						
1 000 000	100 000	10 000	1 000	100	10	1

- Il numero 256 veniva rappresentato così



- Si tratta dunque di un sistema a base 10
  - perché abbiamo 10 dita!

# Sistema di numerazione romano

- Quello che abbiamo imparato a scuola

I	II	III	IV	V	X	L	C	D	CD
1	2	3	4	5	10	50	100	500	1000

- 500 e 1000 si modificarono nel tempo in **D** ed **M**
- Il sistema romano non è puramente additivo ma anche **sottrattivo**
  - una cifra che stia immediatamente a sinistra di un'altra che indica un numero maggiore va intesa in senso sottrattivo.
- Esempio
  - XI = 11
  - IX = 9

# Sistema di numerazione indiano

- Intorno al **570 d.C.** in India viene perfezionato il sistema di numerazione usato oggi!
  - si tratta di un **sistema posizionale**: le cifre sono solo 10 ma il loro valore cambia a seconda della posizione
    - quando si scrive 23 il simbolo 2 sta per venti
    - quando si scrive 230 il simbolo 2 sta per ducento
    - quando si scrive 0.23 il simbolo 2 sta per un decimo
- In realtà, un sistema posizionale era già usato dai babilonesi
  - sistema a base 60
  - rimane ancora traccia di questo sistema nei sistemi di misura del tempo
- Il sistema indiano ha però un vantaggio notevole: il simbolo per lo **zero**.

# I numeri indiani nel mondo arabo

- Dall'India, il sistema di numerazione indiano si diffuse rapidamente nel mondo arabo, allora in piena espansione.
- Intorno all'VIII secolo, Baghdad era un fiorente centro culturale
  - una nuova Alessandria d'Egitto
  - accoglieva studiosi provenienti dal Medio Oriente e dal mondo cristiano
- **Mohammed ibn-Musa al-Khuwarizmi** scrive due trattati su algebra e aritmetica (820 d.C)
  - nel trattato “*De numero indorum*” (Sul calcolo numerico indiano) descrive con dovizia di particolari il sistema di numerazione indiano
  - dal nome di **al-Khuwarizmi** deriva il termine **algoritmo**
  - da questo (e da altri libri), gli europei impararono il sistema di numerazione posizionale in base 10

# I numeri indiani in Europa

- In Europa, il manoscritto più antico contenente numeri arabi è il Codex Vigilanus, scritto in Spagna nel 976.
- Alla diffusione del sistema indiano (che verrà conosciuto come sistema arabo) contribuirà in maniera determinata Leonardo Pisano, detto il Fibonacci
  - nel 1202 scrive “*Liber Abaci*” dove introduce:
    - i numeri indiani
    - il metodo che usiamo ancora oggi per eseguire a mano le 4 operazioni di base e la radice quadrata.
  - a Fibonacci sfuggì tuttavia che anche i numeri decimali si potevano esprimere col sistema posizionale..

Dall'abaco al '700

# L'abaco (1)

- L'**abaco** fu il primo sistema per facilitare le operazioni di calcolo
  - nasce in Cina e da lì si diffonde in altri paesi, con diverse varianti
  - se ne trova una descrizione in un libro del **190 a.C.**
  - ancora utilizzato in alcuni paesi come Cina e Giappone



# L'abaco (2)

- Non è un vero strumento di calcolo:
  - fornisce solo uno strumento per memorizzare i risultati intermedi
  - non fornisce esso stesso il risultato
- Una curiosità:
  - nel 1946, a Tokyo, si svolse una gara tra un operatore di abaco e un operatore di una macchina calcolatrice elettrica
  - si trattava di svolgere una serie di calcoli comprendenti le 4 operazioni aritmetiche
  - l'abaco risultò più veloce della macchina calcolatrice!

# Il '600

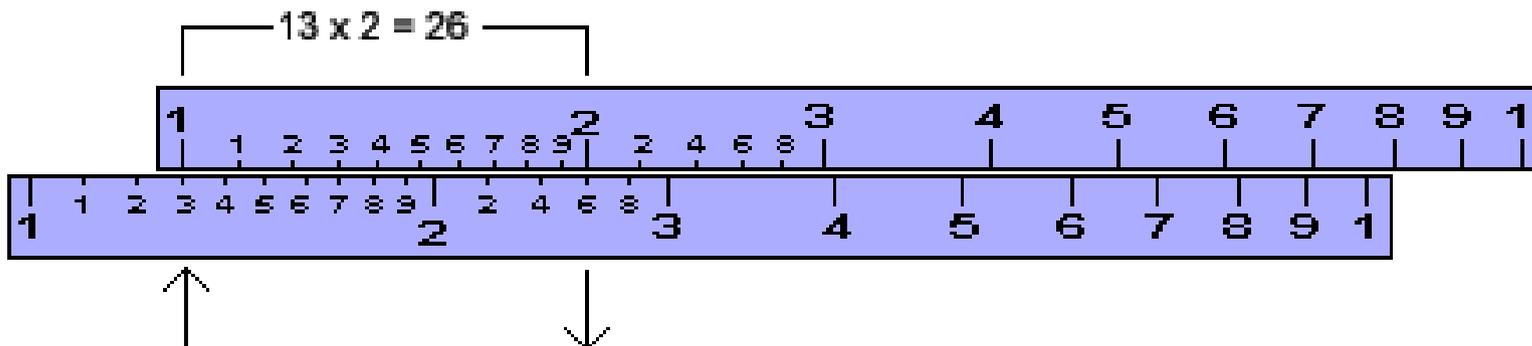
- Caratterizzato da un notevole impulso agli studi di matematica applicata
  - Alla fine del XVI secolo si diffondono i viaggi transoceanici
    - necessità di compilare Tavole Matematiche, da usare per la navigazione.
  - Si potenzia anche l'industria bellica
    - necessità di metodi balistici per calcolare la traiettoria dei proiettili.
- In particolare si manifesta l'esigenza di metodi automatici di calcolo
  - è necessario che il sistema di numerazione consenta l'esecuzione automatica di tali operazioni
  - a questo proposito, è importante il fatto che nel 1585 Simon Stevin propugna l'uso
    - della “virgola” per i numeri decimali
    - dei numeri negativi

# I logaritmi

- Nel 1614, con l'opera “*Logarithmorum canonis descriptio*”, il matematico scozzese John Napier (spesso latinizzato in Nepèro), inventa i logaritmi.
  - il logaritmo (in base 10) di  $x$ , è quel numero  $y$  tale che  $10^y=x$
  - ad esempio,  $\log 1000=10$
- L'importanza dei logaritmi sta nel fatto che trasformano una operazione di moltiplicazione in una di somma:
  - $\log (a*b)=\log a + \log b$
- Supponiamo di volere moltiplicare due numeri  $a$  e  $b$ 
  - consultiamo una tavola dei logaritmi per trovare il logaritmo di  $a$  e di  $b$
  - sommiamo i valori trovati ottenendo  $c=\log a + \log b$
  - riconsultiamo la tavola dei logaritmi per trovare il numero il cui logaritmo è  $c$ .

# Il regolo calcolatore (1)

- L'idea di utilizzare i logaritmi per eseguire le moltiplicazioni fu ripresa nel 1620 da Edmung Gunter con il **regolo calcolatore**.
  - si tratta di due righelli graduati con una scala logaritmica
    - con scala logaritmica si intende che il numero  $x$  non viene disegnato a  $x$  cm dall'inizio della scala, ma a  $(\log x)$  cm.
  - facendo scorrere uno sull'altro i due righelli, si possono eseguire meccanicamente moltiplicazioni e divisioni



# Il regolo calcolatore (2)

- Il regolo calcolatore fu perfezionato nel corso dei secoli
  - furono aggiunte ulteriori scale per eseguire le operazioni trigonometriche
  - fu utilizzato fino all'avvento delle macchine calcolatrici negli anni '60
- Ecco un regolo calcolatore moderno

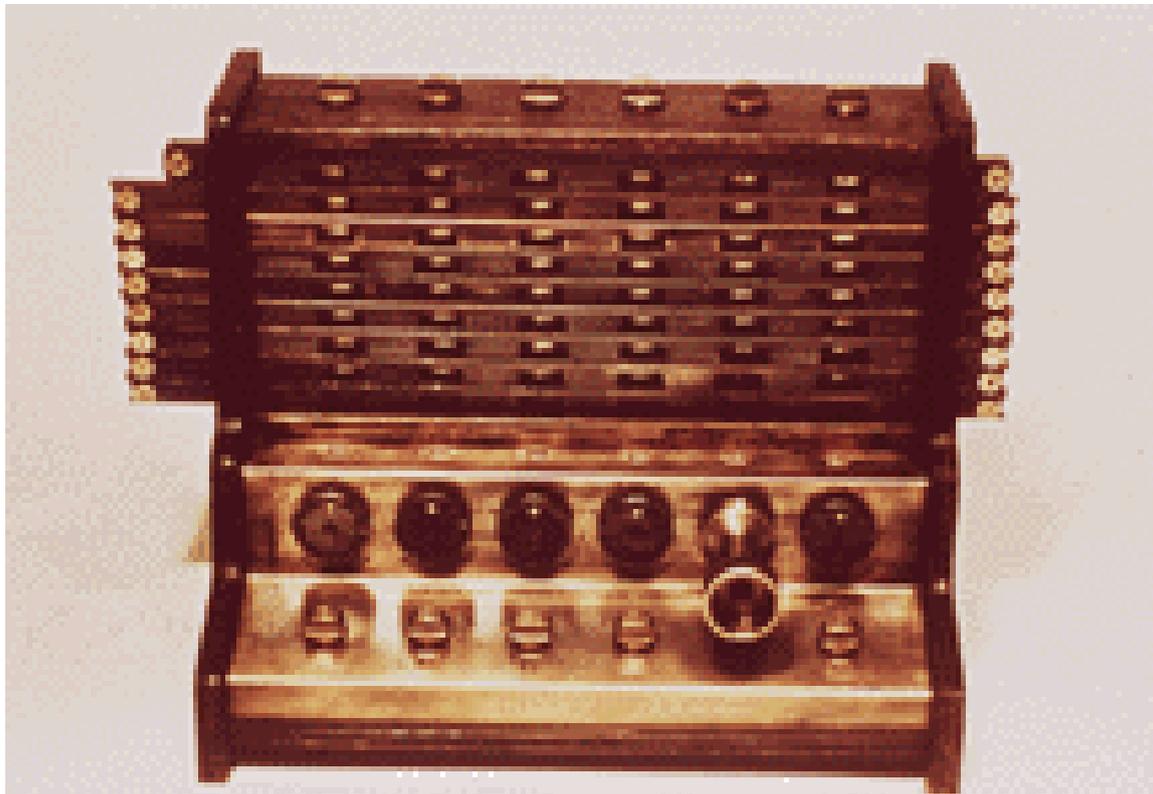


# L'orologio calcolatore (1)

- **Wilhelm Schickard**, esperto di meccanico e cartografo, è considerato l'inventore della prima vera macchina calcolatrice: **l'orologio calcolatore**
  - nel **1623** progetta un macchina capace di eseguire automaticamente addizioni e sottrazioni
  - le operazioni di addizione e sottrazione erano realizzate grazie al movimento di ruote dentate collegate ad un visualizzatore numerico
  - ad esempio, addizionare una unità si traduca nel girare una apposita ruota fino a che non veniva mostrata la cifra successiva
  - un po' come le combinazioni a protezione delle valigie ma gestiva i riporti

# L'orologio calcolatore (2)

- Della macchina si ha notizia grazie a delle lettere scritte da Schickard a [Keplero](#) (proprio lui, quello delle tre leggi...)
  - della macchina fu realizzato solo un prototipo in legno, andato distrutto nel 1624 in un incendio
  - fu ricostruita, in base ai progetti e alle descrizioni nel 1960



# La pascalina (1)

- Se la macchina di Schickard fu la prima in ordine di tempo quella di **Blaise Pascal** (sì, proprio lui, quello dei “*Pensieri*”) è la più famosa: viene chiamata **pascalina**.
- Progettata nel **1641**, a 18 anni, e costruita nel **1645**
  - l'obiettivo era aiutare il padre, esattore delle tasse, nel lavoro noioso di eseguire ripetute somme e sottrazioni
  - poteva eseguire solo addizioni
    - anche se in realtà le sottrazioni si possono eseguire col metodo del “complemento a 10”... simili al “complemento a 2” per chi lo conoscesse.
  - per il sistema dei riporti usava un metodo meno efficiente di quello di Schickard
    - d'altronde, Pascal non conosceva l'orologio calcolatore
  - ne furono costruiti 50 esemplari

# La pascalina (2)



# La pascalina (3)



# Wilhelm Leibniz

- Grande filosofo e matematico tedesco, [Wilhelm Leibniz](#) ha contribuito molto all'informatica:
  - ideò il sistema di numerazione binaria
    - in realtà riprendendolo da un vecchio sistema di numerazione in uso tremila anni prima in Cina
    - utilizzato oggi in tutti i calcolatori elettronici
  - gettò le basi della logica matematica
    - l'idea della logica matematica è che il ragionamento umano può essere ridotto in formule e manipolato come si manipolano i numeri
    - è alla base dei linguaggi di tutti i linguaggi di programmazione
  - inventò la prima macchina calcolatrice in grado di eseguire moltiplicazioni e divisioni
    - egli scrisse *“It is unworthy of excellent men to lose hours like slaves in the labor of calculation, which could be safely relegated to anyone else if machines were used”*

# La macchina di Leibniz (1)

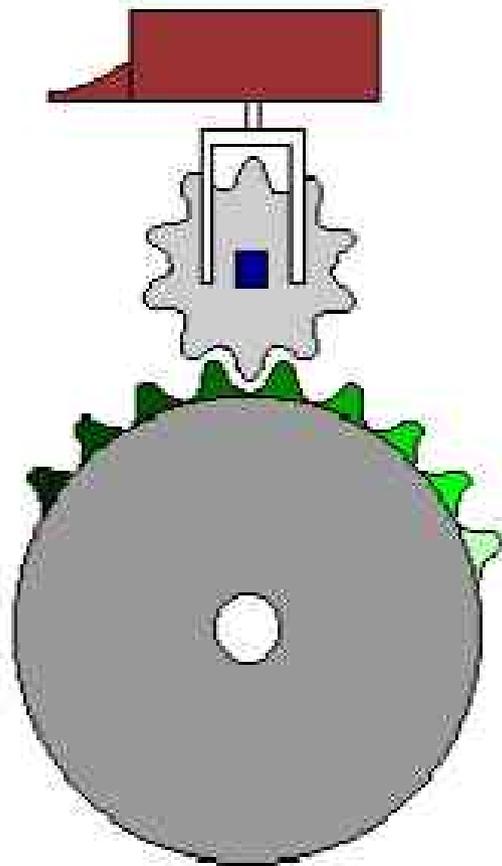
- Il progetto fu iniziato nel 1672 e terminato nel 1673
- Il primo esemplare fu costruito solo nel 1694
  - difficoltà per l'epoca di produrre i pezzi necessari con un grado di precisione sufficiente
  - gli ingranaggi usati erano infatti molto diversi da quelli usati tradizionalmente negli orologi
  - in pratica, non funzionò mai bene!



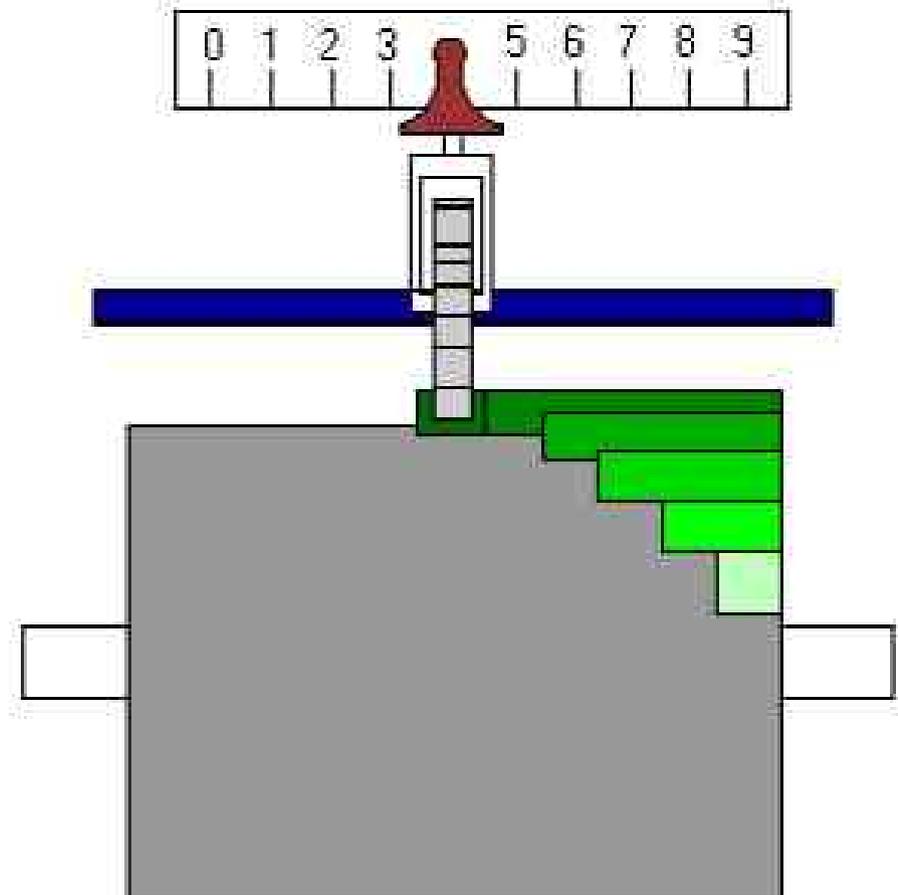
# La macchina di Leibniz (2)

- Le moltiplicazioni venivano realizzate tramite addizioni successive
  - veniva utilizzato un particolare ingranaggio: **la ruota di Leibniz**
    - è un cilindro con nove denti, di lunghezza a mano a mano crescenti, posti parallelamente all'asse del cilindro
    - una ruota dentata scorreva lungo l'asse del cilindro e, a seconda della posizione, ingranava con tutti o con parte dei denti.
  - anche se la macchina di Leibniz non funzionò mai correttamente, sulla idea della ruota di Leibniz furono costruite la maggior parte delle macchine calcolatrici meccaniche dei secoli a venire.

# La ruota di Leibniz



End View



Side View

MoHPC

# L'Ottocento

# Macchine calcolatrici

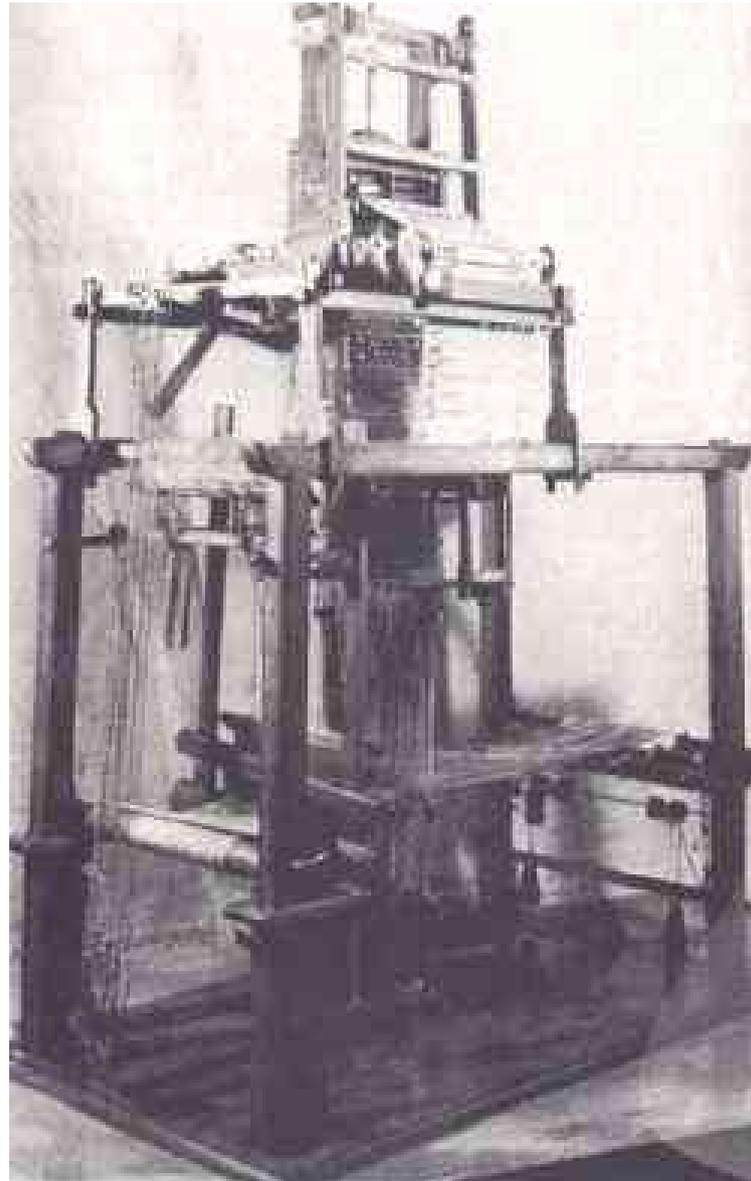
- Nell'**800** le macchine calcolatrici non sono più il risultato della ricerca scientifica, ma diventano veri e propri prodotti industriali.
- Il primo di queste nuove macchine calcolatrici è l'**aritmometro** di **Thomas de Colmar**
  - il primo prototipo fu costruito nel **1822**
  - dal **1823** al **1878** ne furono prodotti oltre 1500
  - si basa sulla stessa idea della macchina di Leibniz



# La macchina tessile (1)

- Nel 1728 un certo Falcon, operaio in una fabbrica tessile di Lione, sviluppa un prototipo di telaio programmabile
  - si poteva programmare il telaio per eseguire un qualunque disegno, tramite l'uso di schede perforate
    - si tratta di schede di cartone che possono essere bucate. La posizione dei buchi indica l'operazione da svolgere
  - nasce l'idea di programma!
- La macchina tessile di Falcon verrà dimenticata fino al 1801, quando Joseph Marie Jacquard ne inventò una versione industrializzabile
  - dal 1804 al 1814 furono prodotti più di 100.000 telai Jacquard
    - non senza problemi, perché l'automazione venne duramente contestata dai seguaci di Nedd Ludd.
  - le schede perforate rimarranno in uso fino al 1980

# La macchina tessile (2)



# La macchina differenziale (1)

- Nel 1812, Charles Babbage, studente al Trinity College, ebbe l'intuizione che le tavole dei logaritmi potessero essere calcolate in maniera automatica
- Nel 1822 progettò una macchina che poteva essere utilizzata per calcolare qualunque funzione continua: la **macchina differenziale**.
  - si tratta di una macchina per calcolare polinomi usando il **metodo delle differenze finite**
    - qualunque funzione continua si può approssimare con polinomi
  - il metodo delle differenze è una metodologia per ridurre il calcolo di qualunque polinomio ad operazioni di addizioni successive
  - era anche previsto un sistema automatico di stampa dei dati, in modo che non venissero fatti errori durante la trascrizione su carta.

# La macchina differenziale (2)

- Il primo prototipo del 1822
  - poteva calcolare polinomi di 2° grado con sei cifre significative
  - non disponeva della funzione di stampa
  - era in grado di calcolare i termini della sequenza  $n^2+n+41$  al ritmo di 60 valori ogni 5 minuti
- La versione definitiva avrebbe dovuto supportare
  - 20 cifre significative
  - polinomi di 7° grado
- Il progetto era probabilmente troppo ambizioso e nonostante grandi finanziamenti ricevuti dalla *Royal Astronomical Society*, non fu mai completata e il progetto di costruzione si interruppe nel 1834.

# La macchina differenziale (3)

- Tra il 1847 e il 1849 Babbage disegnò una nuova versione della macchina differenziale, anche questa mai costruita.
  - fu però realizzata dal Museo della Scienza di Londra in occasione del bicentenario della nascita di Babbage
  - è composta da 4000 parti e pesa più di 3 tonnellate
- Una macchina differenziale funzionante fu costruita nel 1853 da George Scheutz

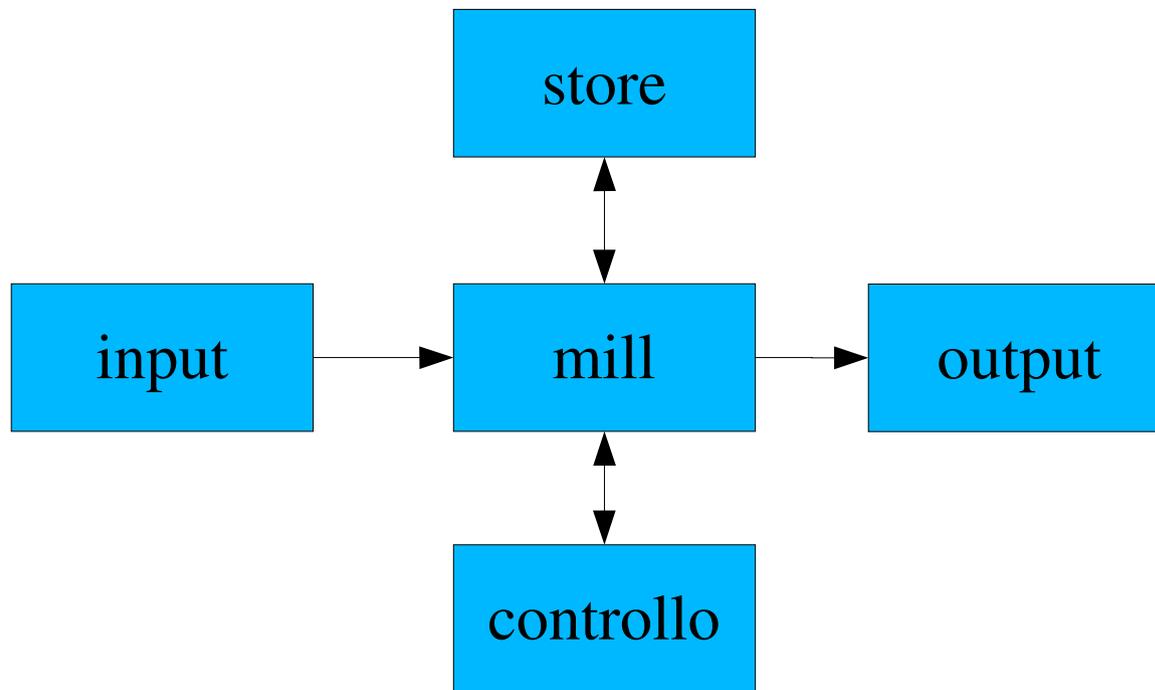


# La macchina analitica (1)

- In realtà, nel 1834 Babbage abbandona l'idea della macchina differenziale per intraprendere un progetto molto più ambizioso: la **macchina analitica**.
  - può essere considerata l'antesignana dei primi computer degli anni '40-'50
  - per questa macchina, Babbage è considerato il *father of computer*.
- Secondo i progetti originali, sarebbe stata grande come una locomotiva e sarebbe stata azionata da una macchina a vapore.
  - la macchina analitica non fu mai costruita
  - soltanto dell'unità centrale (denominata “mill”) fu costruita una copia nel 1906, grazie ad **Henry Babbage**, figlio di Charles

# La macchina analitica (2)

- L'architettura della macchina era simile alla struttura dei moderni computer



# La macchina analitica (3)

- La macchina analitica doveva
  - essere in grado di eseguire qualunque operazione tramite un “programma”, fornito con schede perforate
    - in particolare, era previsto un comando di **salto condizionato**, che consentiva di variare il flusso di esecuzione del codice: la macchina non era costretta ad eseguire sempre le medesime istruzioni
    - tra l'altro Babbage prevede la possibilità che programmi diversi potessero venire assemblati assieme per produrre programmi nuovi, e che si potessero sviluppare vero e proprie **librerie di programmi**.
  - essere in grado di memorizzare dati intermedi utilizzati nel corso dei calcoli, che potevano essere usati in momenti successivi
    - doveva essere in grado di memorizzare 100 numeri di 50 cifre

# La prima programmatrice (1)

- La prima descrizione della macchina analitica la si deve ad [Augusta Gordon](#), contessa di Lovelace (figlia del poeta [Lord Byron](#))
- Educata alla matematica, sentì parlare della macchina analitica di Babbage nel 1834, e fu “*colpita dall'universalità delle sue idee*”
  - diventò ben presto una stretta collaboratrice di Babbage
  - si occupò in particolare del problema di organizzare le istruzioni da dare alla macchina, e come tale fu la prima persona ad occuparsi di programmazione
    - in particolare, suggerì a Babbage le istruzioni da dare alla macchina per calcolare i numeri di Bernoulli, ottenendo quello che è considerato il primo programma per computer.

# La prima programmatrice (2)

- Nel 1843 pubblicò una traduzione in inglese di un articolo dell'italiano Menabrea sulla macchina analitica, corredata da numerose note personali
  - la descriveva come capace di "tessere modelli algebrici, così come il telaio meccanico di Jacquard tesseva fiori e foglie"
  - in questo articolo profetizzava che una tale macchina potesse essere utilizzata per comporre musica, disegnare grafici e che sarebbe stata utile sia a fini pratici che scientifici
  - aveva ragione
- In suo onore, nel 1980 il Ministero della Difesa degli Stati Uniti intitolò il linguaggio di programmazione Ada.

# George Boole

- Terminiamo la nostra carrellata dell'800 con il matematico **George Boole**
  - a lui si deve l'invenzione della **Algebra Booleana**, lo strumento concettuale che sta alla base dei calcolatori e di tutti i dispositivi digitali.
    - si tratta di un calcolo logico a due valori di verità con alcune leggi particolari, che consente di operare su proposizioni allo stesso modo che su numeri
  - nel **1854** pubblica "*An Investigation of the Laws of Thought, on Which Are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*", in cui illustra le sue idee
- Il lavoro di Boole fu considerato solo “matematica pura” fino a che Claude Shannon, nel **1938**, mostrò come è possibile progettare circuiti di calcolo usando l'algebra booleana.

# Il primo Novecento

# Il censimento USA del 1890

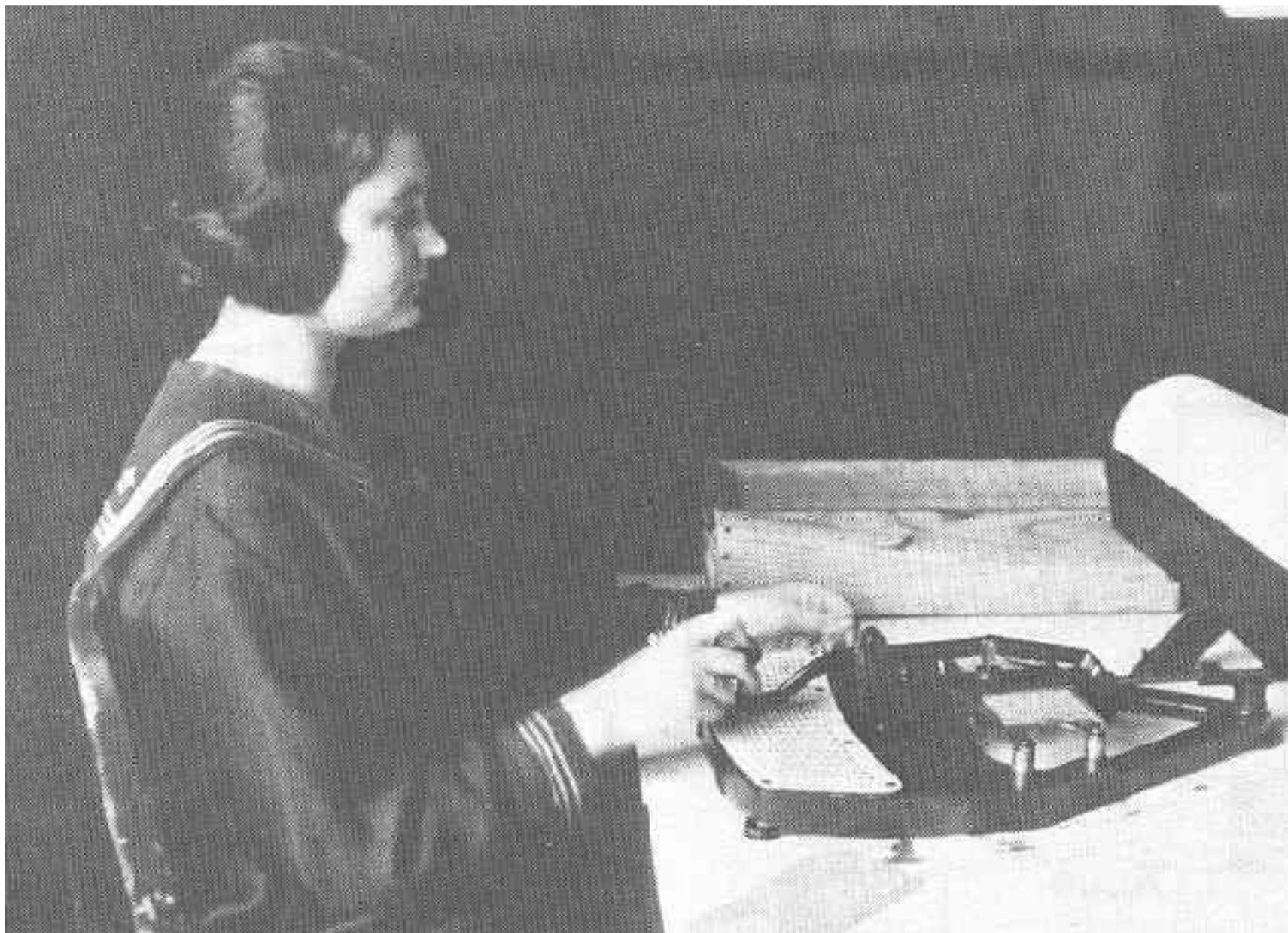
- Nel **1890** gli USA dovevano organizzare il 12° censimento generale della popolazione.
  - Il precedente censimento era stato fatto nel 1880, e ancora nel 1890 non tutti i dati erano stati prodotti
- Occorreva un metodo per elaborare i dati velocemente
  - venne bandita una gara per un sistema di conteggio che potesse migliorare i tempi di risposta
  - vinse il “**Sistema elettrico di tabulazione**” di **Herman Hollerith**



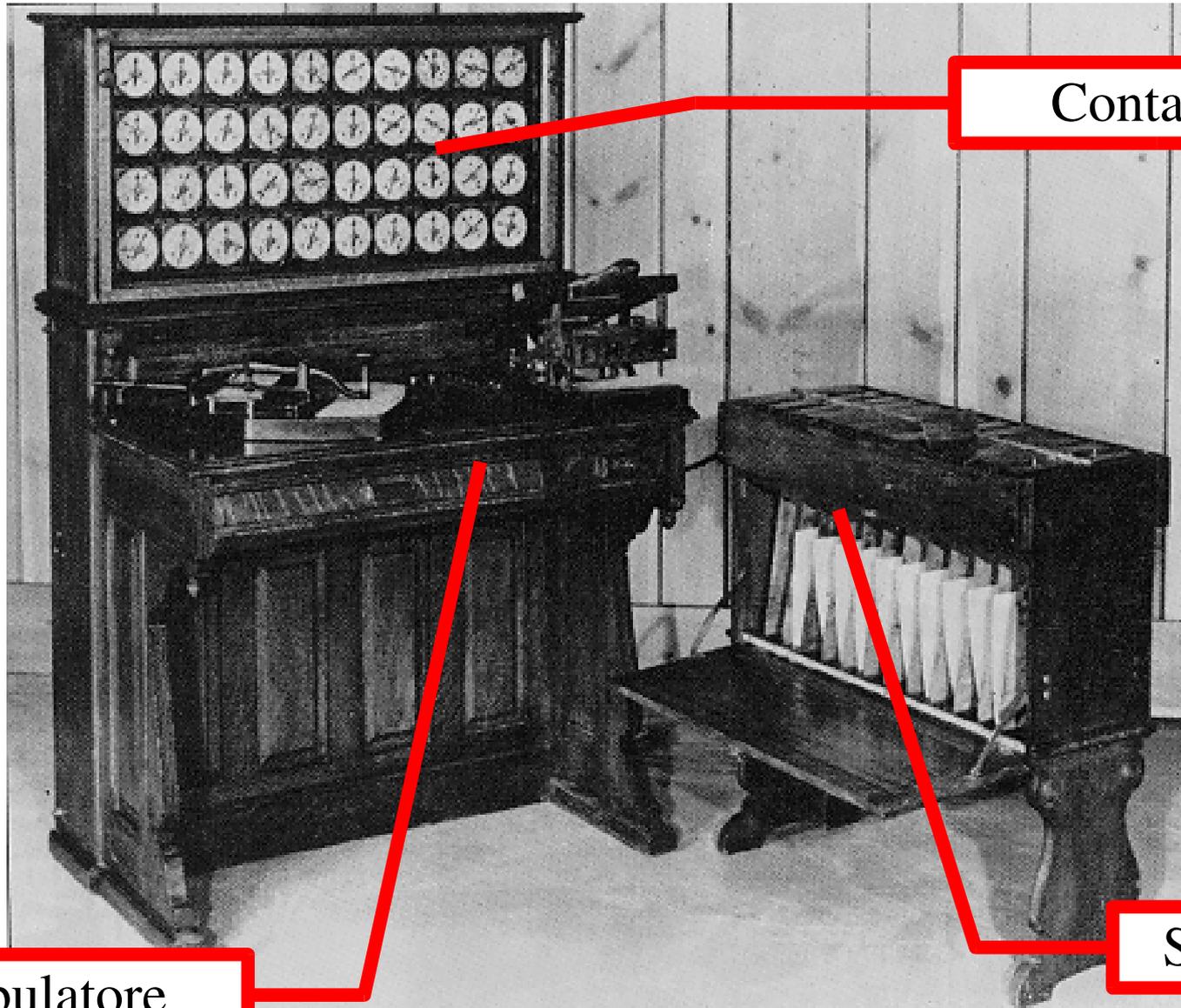
# Il sistema elettrico di tabulazione

- Si basava sull'utilizzo di schede perforate:
  - a ogni persona veniva associata una scheda perforata, che conteneva le sue informazioni
  - un operatore codificava le informazioni con un **pantografo**
    - operazione che poteva essere svolta anche in un posto diverso dalla sede centrale
    - si potevano perforare fino a 700 schede al giorno
  - le schede venivano inserite nelle **tabulatrici**, macchine dotate di un certo numero (40 nella versione del 1890) di contatori
    - ogni contatore veniva incrementato di uno quando si verificava una certa combinazione di punti (ad esempio, per le persone che sposate con due figli)
  - c'era anche un **selezionatore**, composto di vari scomparti per ordinare le schede
    - il comparto giusto si apriva in corrispondenza di determinati buchi

# Il pantografo



# La macchina tabulatrice



Contatori

Tabulatore

Selezionatore

# La TMC e la IBM

- Hollerith perfezionò nel tempo la sua invenzione
  - in particolare, aggiunse la possibilità di sommare numeri codificati nelle schede perforate (prima le tabulatrici potevano solo contare)
    - ciò estese l'applicabilità delle macchine, che furono utilizzate anche da compagnie ferroviarie, assicurazioni, etc...
  - nel 1896 fonda la **Tabulating Machine Corporation**, dedicata alla commercializzazione di macchine tabulatrici
- dalle ceneri della TMC nascerà nel 1924 la **IBM**, che dominerà il mercato delle macchine da calcolo fino agli anni '80

# Macchine a schede perforate

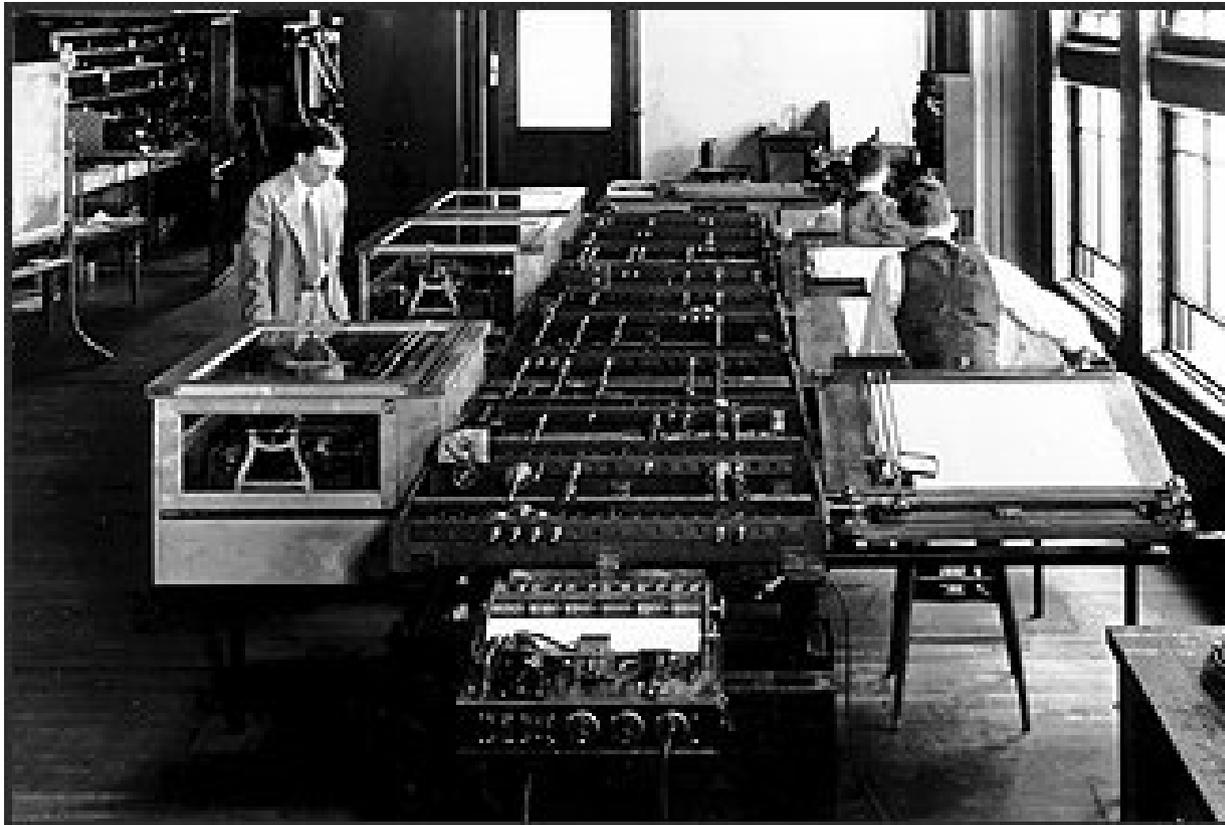
- Per tutto il '900, le macchine a schede perforate (dette **meccanografiche**) si diffondono con grande rapidità.
- All'interno delle grandi società esistevano i **centri meccanografici** (che oggi si chiamerebbero “**centri di calcolo**”), dotati di varie macchine
  - **perforatrici**, per pinzare le schede
  - **verificatrici**, per controllare che la pinzatura delle schede fosse corretta
  - **selezionatrici**, per ordinare le schede in funzione del valore di qualche campo presente su di essa.
  - **calcolatrici**, in grado di eseguire le 4 operazioni sui dati presenti nelle schede
- Ogni elaborazione richiedeva uno o più passaggi delle schede attraverso le varie macchine

# I calcolatori analogici (1)

- Contemporaneamente alla diffusione delle macchine tabulatrici, nei laboratori di ricerca si lavorava alla costruzione di macchine in grado di risolvere specifici problemi di natura **analitica**.
  - previsioni delle maree (1878, progettato da **Lord Kelvin**)
  - studio dell'efficienza delle rete di trasmissione della corrente elettrica (1930, progettato da **Vannevar Bush**)
- A differenza di tabulatrici e calcolatrici, questi erano strumenti di calcolo **analogici**.
  - in parole povere... i calcolatori **digitali** (come quelli che tutti noi utilizziamo) lavorano internamente con numeri interi
  - i calcolatori **analogici** lavorano internamente con numeri reali
  - un numero è rappresentato dalla posizione di un certo ingranaggio, o da un certo livello di tensione, che può assumere tutti i valori possibili all'interno di un certo intervallo

# I calcolatori analogici (2)

- Dai calcolatori per uso specifico si passò a calcolatori di uso generale.
- Il primo fu l'**analizzatore differenziale**, costruito nel **1931** da **Vannevar Bush**.
  - era in grado di risolvere equazioni differenziali del 3<sup>^</sup> ordine



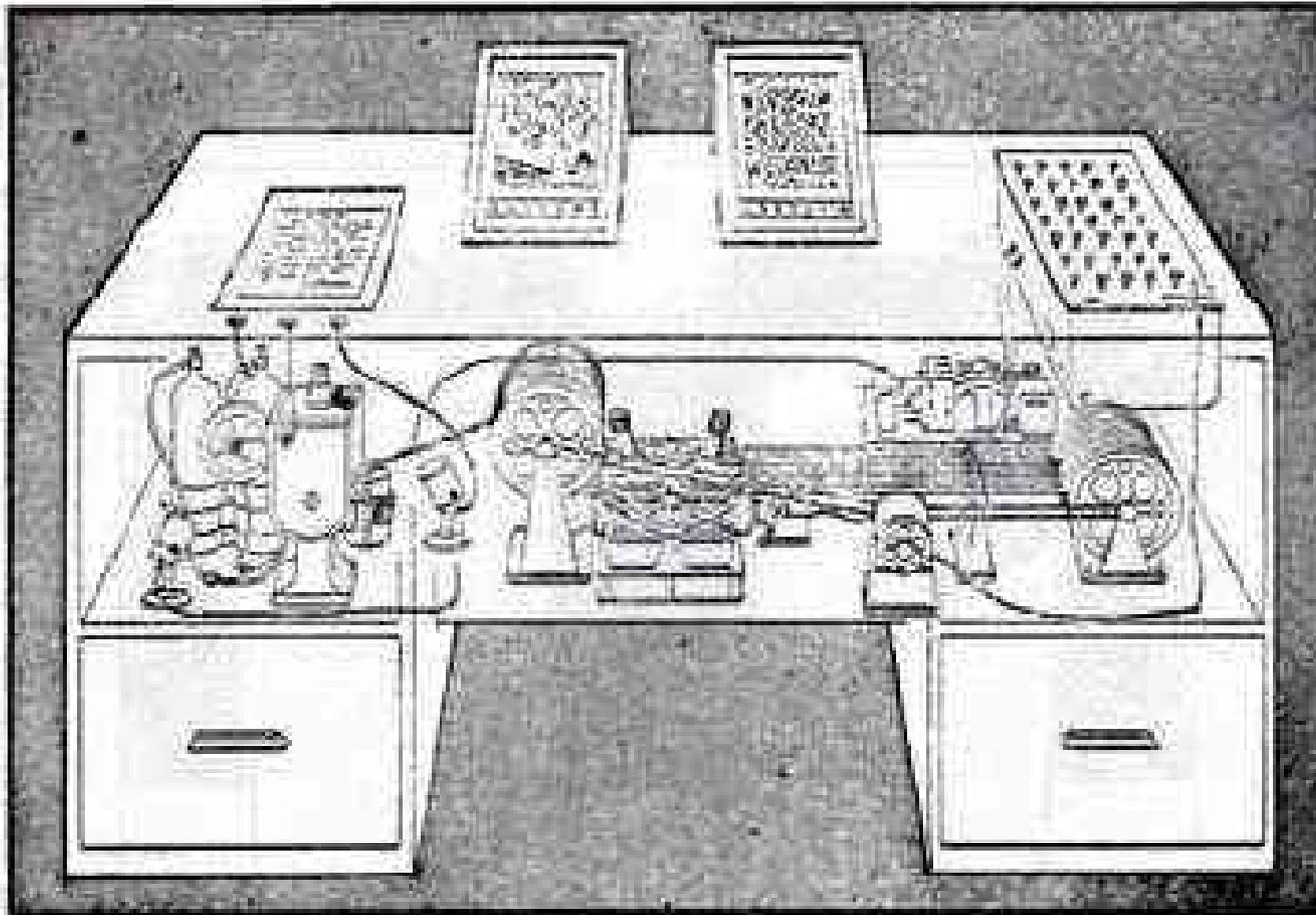
# I calcolatori analogici (3)

- **Vantaggi** dei calcolatori analogici
  - precisione superiore rispetto ai calcoli eseguiti a mano
    - per questo motivo furono utilizzati pesantemente in campi militari
  - flessibilità
- **Svantaggi** dei calcolatori analogici
  - programmabilità estremamente difficile
    - erano simili alle vecchie centraline telefoniche, i vari pezzi che li costituivano dovevano essere collegati tra di loro per mezzo di cavi elettrici, per adattarli al tipo di problema da risolvere
    - richiedeva una conoscenza profonda sia della struttura della macchina sia del problema da risolvere

# Vannevar Bush

- Vannevar Bush, oltre ad aver dato un contributo fondamentale ai calcolatori analogici, è da ricordare nella nostra storia per uno scritto del 1945 con il titolo “*As We May Think*”
- In esso profetizzava la nascita di una macchina, il **memex**, in grado di archiviare documenti e ricercarli in base a sofisticati metodi di indicizzazione
- Il modo con il quale questa presunta macchina avrebbe dovuto funzionare è del tutto simile al funzionamento attuale di un computer.
  - e la tecnica di indicizzazione e recupero dei documenti ricorda quello che è oggi sono Internet e i motori di ricerca.

# II memex



Memex in the form of a desk would instantly bring files and material on any subject to the operator's fingertips. Slanting translucent viewing screens magnify supermicrofilm filed by code numbers. At left is a mechanism which automatically photographs longhand notes, pictures and letters, then files them in the desk for future reference (*LIFE* 19(11), p. 123).

# La nascita dei calcolatori elettronici

# La situazione

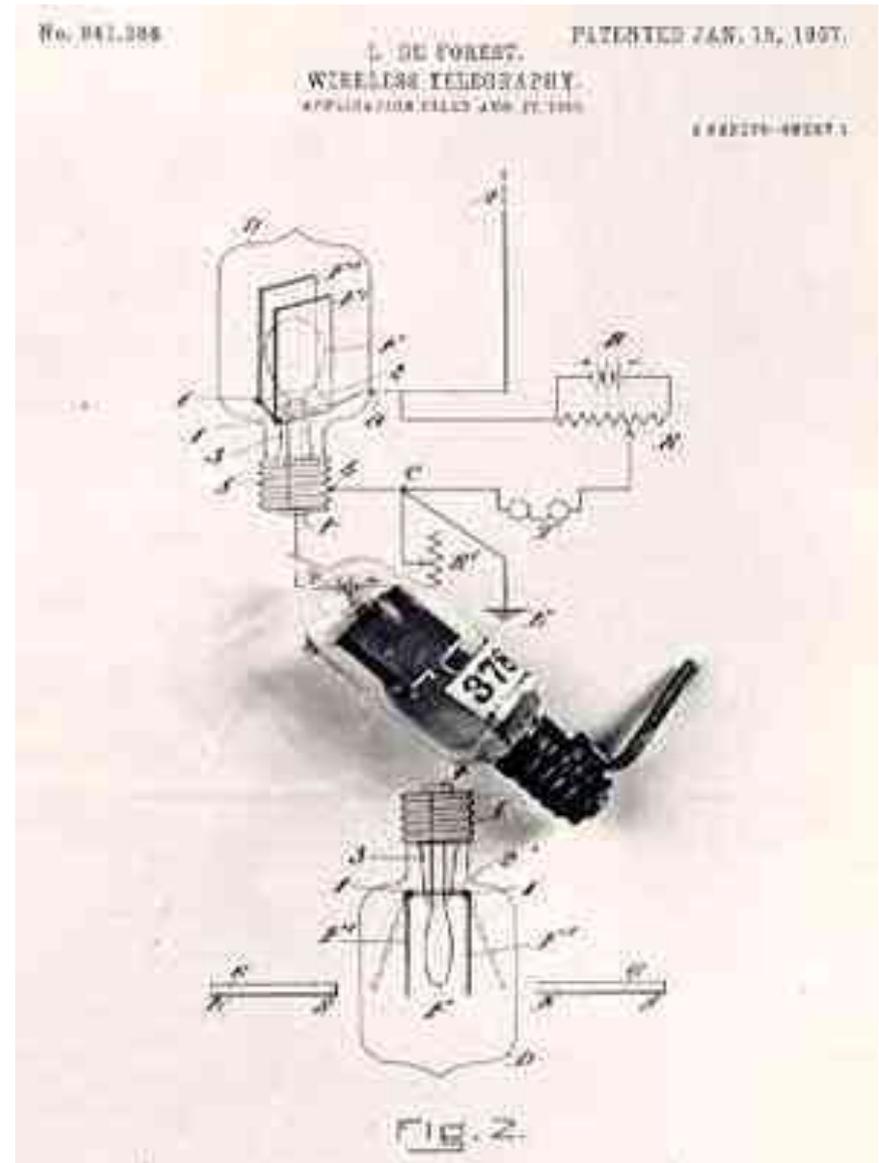
- Il decennio **1934-1945** costituisce uno dei periodi decisivi per quello che in seguito sarà lo sviluppo dei sistemi di elaborazione.
  - le tensioni internazionali e l'approssimarsi della II guerra mondiale dette un notevole impulso alle ricerche scientifiche e tecnologiche
    - macchine di calcolo...
    - ..ma anche crittografia, radar, energia nucleare, etc...
  - alcune scoperte tecnologiche permisero di realizzare oggetti prima impossibili da costruire
    - i **tubi a vuoto** (le cosiddette “valvole”)

# Tubi a vuoto e relè (1)

- Il funzionamento di un computer digitale si basa su un dispositivo concettualmente semplice, che potremmo chiamare **interruttore a comando elettrico**
  - ovvero di un interruttore simile a quelli che usiamo tutti i giorni, ma in cui la commutazione tra on e off non avviene con qualcuno che preme un pulsante, ma tramite un segnale elettrico.
  - collegando tra loro vari interruttori di questo tipo, si può realizzare un computer!
- Come si costruisce un tale interruttore?

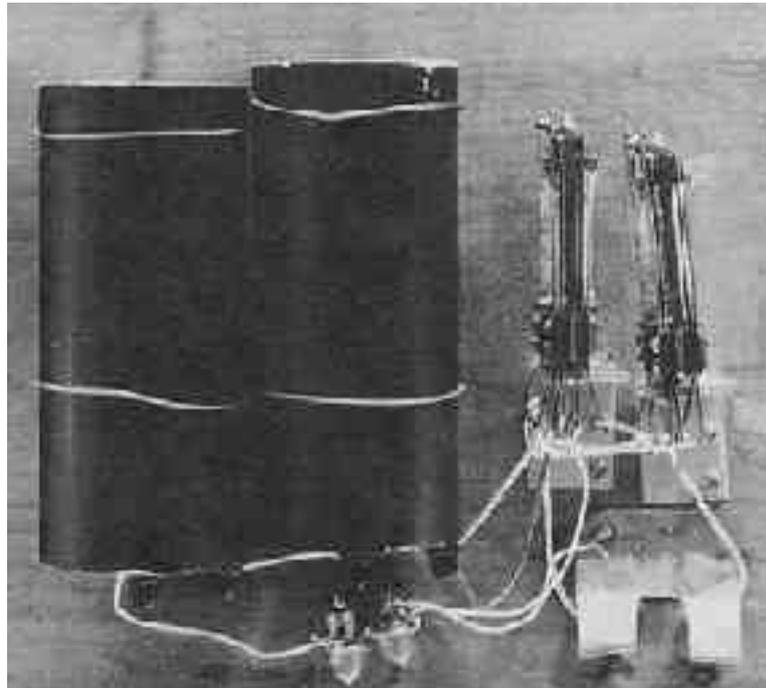
# Tubi a vuoto e relè (2)

- Un primo esempio di dispositivo di questo tipo è il **relè**, inventato nel **1835** da Joseph Enry.
  - una corrente aziona una elettrocalamita e fa scattare l'interruttore
- Nel **1906** venne inventata la **valvola triodo**, basata sulla tecnologia dei **tubi a vuoto**, che poteva rimpiazzare i relè
  - non aveva parti meccaniche, e quindi aveva una velocità e affidabilità di molto superiore



# Un addizionatore digitale

- Nel 1937, George Stibitz si era convinto che i principi della logica di Boole potessero essere utilizzati per costruire circuiti in grado di effettuare calcoli aritmetici
  - realizza nella cucina di casa un **addizionatore** capace di fare la somma di numeri a due bit (numeri in base 2 di 2 cifre ognuno)
  - chiamerà la macchina “**Model K**”, dove K sta per Kitchen (cucina)



# Il primo calcolatore digitale

- E' difficile stabilire quale sia stato il primo “computer” in senso moderno
- Molti ritengono che tale titolo spetti al “**Complex Number Calculator**” costruito proprio da **George Stibitz**, iniziato nel **1937** e terminato nel **1940**
  - composto da 450 relè, era in grado di svolgere le 4 operazioni con i numeri complessi.
  - segna lo spartiacque tra i calcolatori analogici, costruiti fino ad allora, e i calcolatori digitali.
- era possibile utilizzare la macchina attraverso delle telescriventi, anche a distanza, tramite l'uso del telefono

# Konrad Zuse

- In Europa, il principale scienziato impegnato nella costruzione di macchine di calcolo fu il tedesco **Konrad Zuse**.
  - era ingegnere civile, e cercava un metodo di alleviare i pesanti calcoli necessari per la stesura dei progetti.
  - pensò ad una macchina in grado di risolvere questi problemi, e si rese conto che doveva avere 3 caratteristiche
    - essere di tipo sufficientemente generale e programmabile
    - utilizzare la numerazione binaria, che si prestava ad una facile realizzazione con i relè

# Lo Z1 (1)

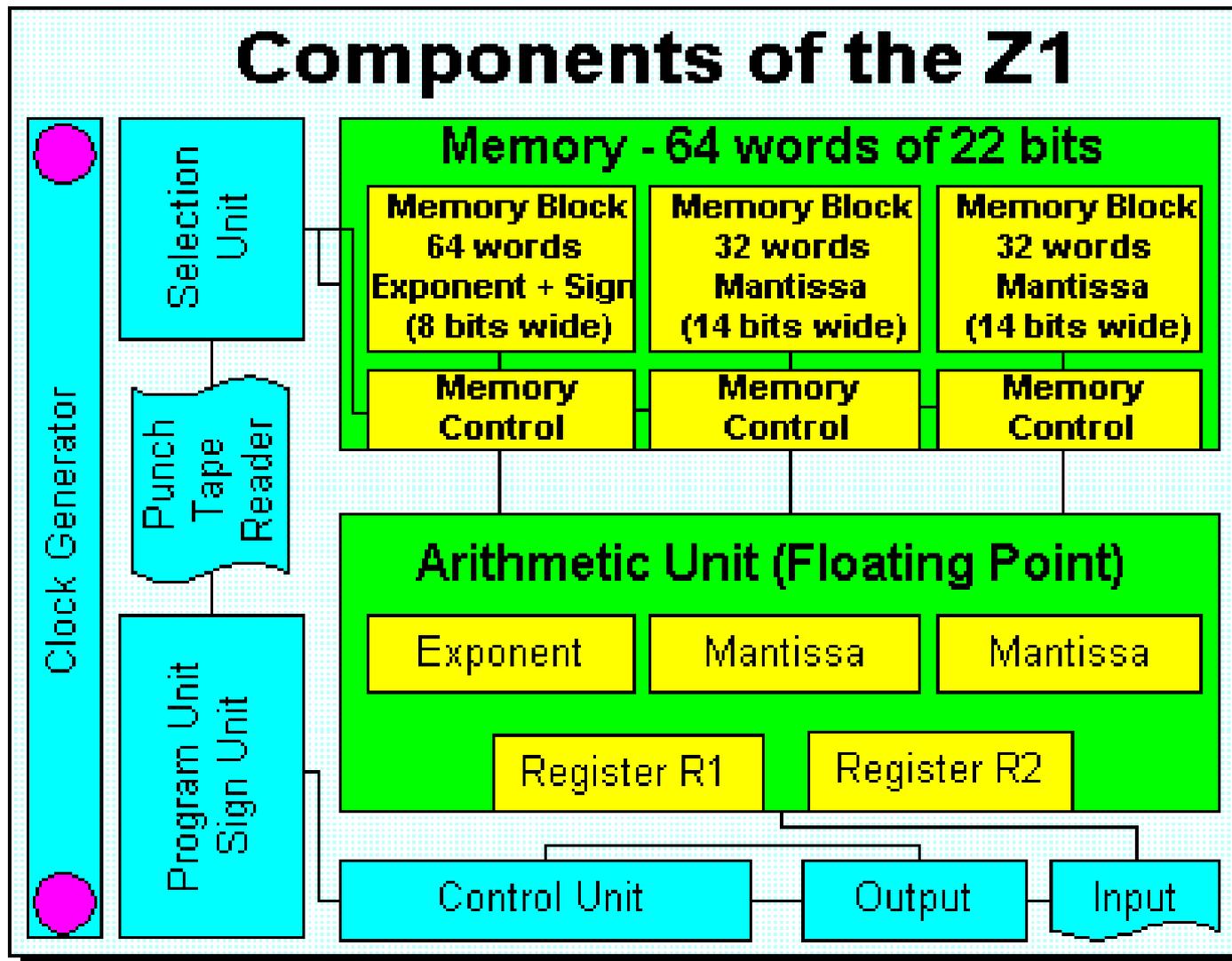
- Dal 1936 al 1938 lavora alla sua prima macchina, la Z1.
  - costruita nel salotto dei genitori
  - completamente meccanica
    - se si eccettua un oscillatore che forniva un segnale periodico a un 1Hz per la temporizzazione.
  - aveva un memoria di 64 “parole” di 22 bit
  - aveva un dispositivo di input/output che trasformava automaticamente i numeri dalla notazione binaria a quella decimale e viceversa
  - eseguiva una moltiplicazione in 5 secondi
  - leggeva il programma da un film a 35mm opportunamente perforato
  - consumava 1000 Watt di potenza e pesava 500Kg
  - rimase allo stato di prototipo perché era poco affidabile

# Lo Z1 (2)



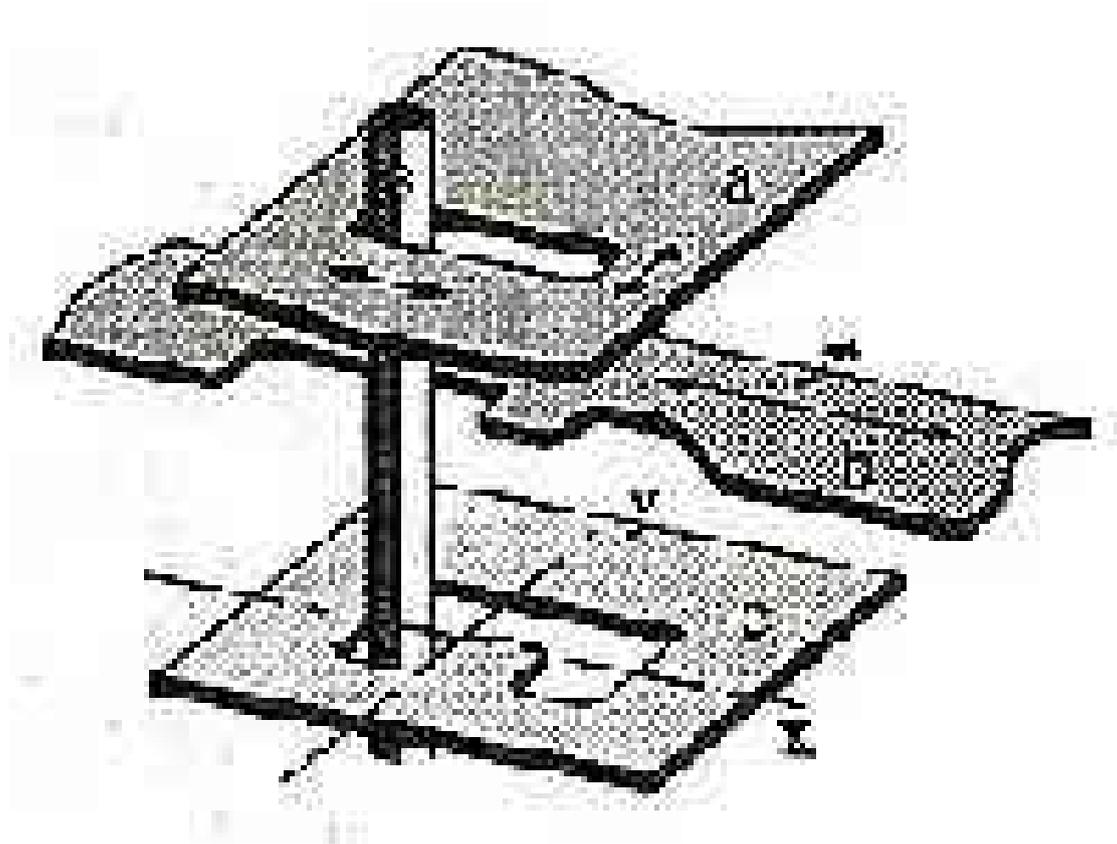
# Lo Z1 (3)

- Schema a blocchi della Z1



# Lo Z1 (4)

- La cosa particolare è che per la memoria non si usavano dei relè ma delle lamine di metallo sottili.



# Lo Z1 ricostruito

- Lo Z1, andato distrutto durante i bombardamenti di Berlino, fu ricostruito nel 1989 da Zuse

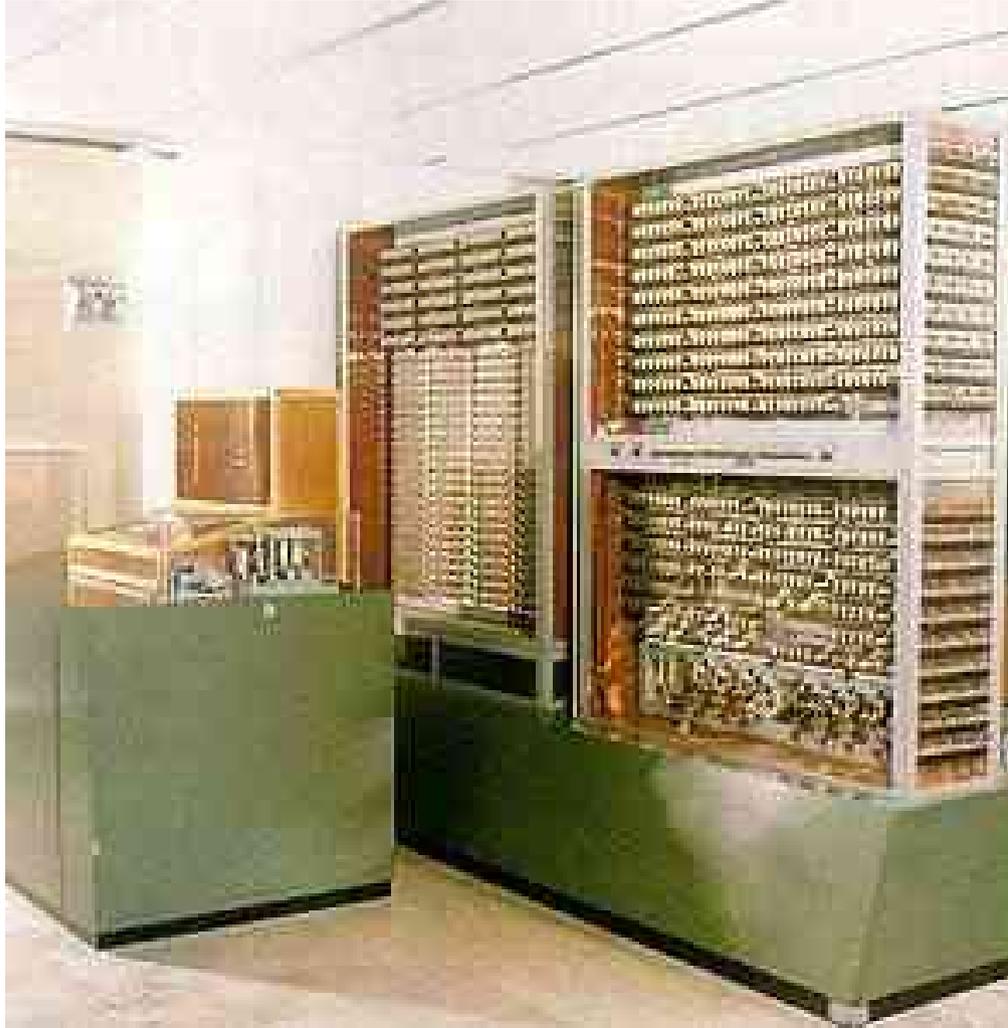


# Lo Z2 e lo Z3

- Alla Z1 seguì la **Z2** (completata nel **1939**), con l'idea di semplificarne l'architettura è renderla veramente funzionante
  - la memoria era ancora costituita da lastre sottili di metallo
  - l'unità di calcolo era realizzata con relè (circa 200)
- Neanche la Z2 si rivelò affidabile, e nel **1941** viene costruito lo **Z3**, il primo modello veramente operativo
  - completamente basato su relè
    - esegue una moltiplicazione in 3 secondi
  - per chi sa cosa vuol dire: utilizzava la notazione in **virgola mobile** per rappresentare i numeri, che potevano quindi andare da  $2^{-63}$  a  $2^{63}$ .
- Zuse pagò assunse un matematico, **Arnold Fast**, per programmare lo Z3
  - Fast fu il primo programmatore professionista!

# Lo Z3 ricostruito

- Anche lo Z3 fu distrutto durante la guerra, e ricostruito nel 1961



# Lo Z4

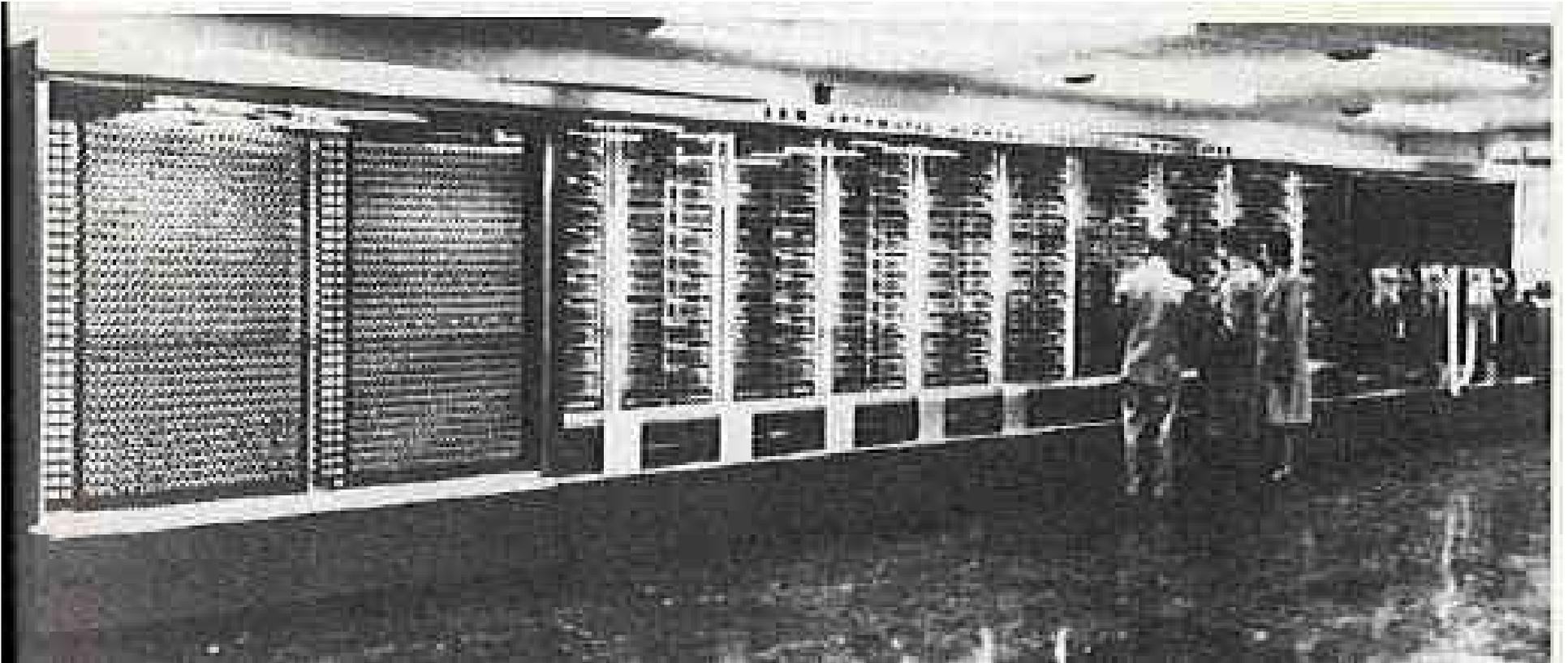
- Zuse costruì un'ultima macchina durante la guerra, lo **Z4**
  - 64 parole a 32 bit (ma poteva essere “esteso” fino a 500 parole)
    - una memoria di 256 byte, contro circa un miliardo di byte dei computer moderni
  - utilizzava 2.200 relè
    - un computer moderno ha circa cento milioni di transistor
  - eseguiva 1000 istruzioni l'ora
    - in confronto, un computer moderno esegue svariate milioni di istruzioni al secondo.
- Fu l'unico computer in Europa sopravvissuto alla guerra, e fungerà da punto di partenza per i successivi computer europei.

# Il Mark I (1)

- Nel 1937, un fisico americano, Howard Aiken, che aveva visto i disegni della macchina analitica di Babbage, pensò che si potesse costruire qualcosa di simile usando però relè e altri componenti elettromeccanici
  - contattò l'IBM per avere dei supporti finanziari e tecnici
  - l'accordo tra Aiken e IBM portò alla costruzione dell'ASCC (Automatic Sequence Controlled Calculator), chiamato in seguito Mark I.
- La costruzione andò a rilento
  - solo nel 1943 il Mark I superò un test preliminare
  - solo nel 1944 fu pronta per l'uso
- Ne segue che, quando uscì, era già per molti versi obsoleto
  - assolse comunque bene i suoi compiti, e fu ampiamente adoperato durante la guerra

# Il Mark I (2)

- Più che un vero computer era un insieme di 78 calcolatrici collegato tra loro con 800 km di fili elettrici



# Il Mark I (3)

- Il Mark I fece nascere un incidente diplomatico tra l'Università di Harvard e la IBM
  - quando il Mark I fu presentato al pubblico, l'Università di Harvard glissò sull'importanza fondamentale che la IBM aveva avuto nello sviluppo del computer
  - nonostante i rapporti tra IBM e la Harvard furono compromessi dall'incidente, fu da questo primo progetto che la IBM decide di dedicarsi alla costruzione di calcolatori elettronici

# La macchina di Turing

- Se Zuse, Aiken, Bush e Stibitz furono i principali progettisti di macchine calcolatrici, il matematico **Alan Turing** fu uno dei padri dell'informatica teorica.
- Tra i suoi risultati più importanti fu la ideazione della “**macchina di Turing**”, nel **1936**
  - un modello teorico di calcolatore.
  - qualunque procedimento di calcolo può essere realizzato su un calcolatore “vero”, può essere realizzato dalla macchina di Turing.
    - usando la sua macchina, Turing dimostrò che, per quanto potente sia un computer, esisteranno sempre dei “calcoli” che questo non sarà in grado di fare

# Il test di Turing

- Nasceva in quegli anni anche l'idea che i calcolatori elettronici potessero “simulare” l'intelligenza umana.
  - ma come si fa a stabilire se un computer è intelligente o no?
- Nel 1950 Turing sviluppo l'idea di un test che poteva essere utilizzato allo scopo
  - un operatore umano dialoga, tramite una telescrivente, con un altro operatore, che poteva essere o un umano o un computer
  - obiettivo dell'operatore è scoprire se, dall'altra parte del filo, sta un computer o un altro essere umano
  - un può essere considerato veramente “intelligente” se riesce a far credere di essere un uomo all'operatore

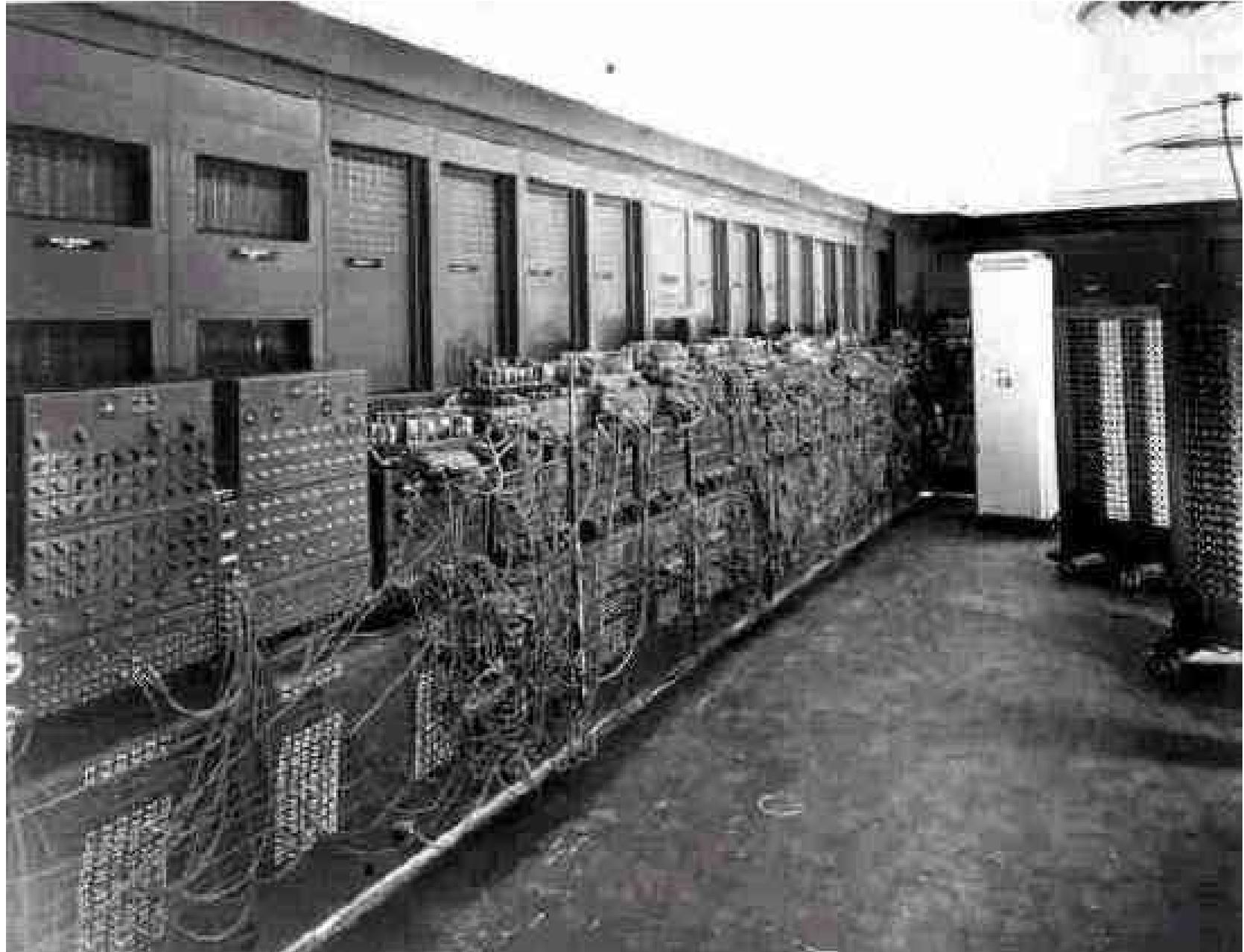
# I'ENIAC (1)

- Fra tutti i computer costruiti negli anni '40, l'ENIAC è sicuramente il più famoso.
  - è considerato il “primo calcolatore elettronico”
  - in realtà un tribunale stabilirà che il titolo è infondato, e andrebbe attribuito ad un'altra macchina (l'ABC), sviluppata da [Atanasoff e Berry](#) tra il 1939 e il 1941
- Ad ogni modo l'ENIAC segnò veramente un punto di svolta nel mondo dei calcolatori
- La motivazione che spinge alla costruzione dell'ENIAC è il calcolo delle tabelle balistiche per le traiettorie dei proiettili
  - quelle in possesso dall'esercito non vanno bene per il territorio europeo
  - ma ricalcolarle a mano è impossibile

# L'ENIAC (2)

- Fu così che il Ballistic Research Laboratory prese contatti con l'Università della Pennsylvania per la realizzazione di un nuovo computer digitale
  - i lavori iniziarono nel 1943
  - il lavoro fu terminato solo nel 1946, ma già nel 1945 alcuni pezzi erano disponibili e utilizzati
- L'ENIAC (**Electronic Numerical Integrator and Computer**) era un mostro
  - 18.000 tubi a vuoto, 10.000 condensatori, 70.000 resistenze
  - lungo 30 metri, consumava 140.000 Watt
  - quasi completamente priva di parti meccaniche
    - per ottenere una affidabilità superiore
  - era 1000 volte più veloce del Mark I
    - 500 moltiplicazioni al secondo

# L'ENIAC (3)

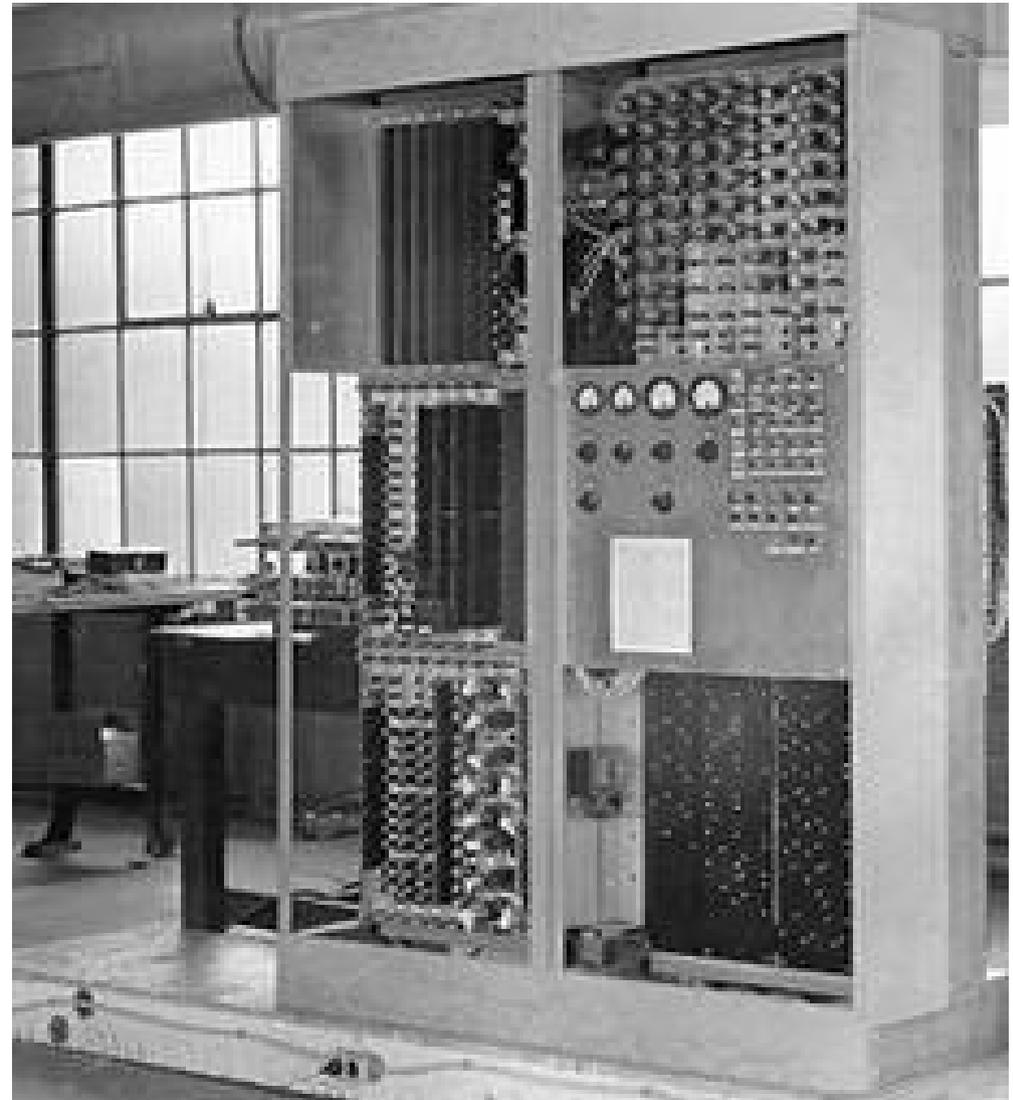


# Programma memorizzato

- Una caratteristica in cui tutti i computer fino ad ora differivano da quelli moderni è che il programma non è mantenuto in memoria, ma fornito dall'esterno per mezzo di schede perforate o collegamenti elettrici
- Fu il grande matematico [John von Neumann](#) a perorare la causa di una architettura completamente diversa, in cui il programma è memorizzato nella stessa memoria usata per i dati
  - rende più veloce l'esecuzione dei programmi
  - rende possibile realizzare istruzioni di “salto condizionato” da una parte all'altra del programma in occasione di determinati eventi.
- Neumann partecipò alla costruzione dell'ENIAC, e queste sue idee portarono al progetto di una macchina, simile all'ENIAC, ma a **programma memorizzato**.

# L'EDVAC

- Questa nuova macchina, chiamata **EDVAC** (**Electronic Discrete Variable Automatic Computer**) fu terminata nel **1951**
  - 5.937 tubi a vuoto, 12.000 diodi, 328 tubi a neon
  - unità a tamburo magnetico per la memoria
  - peso di 7 tonnellate e un consumo di 52.000 Watt (più altri 25.000 Watt per il condizionamento)
- E' il primo calcolatore “moderno” della storia.



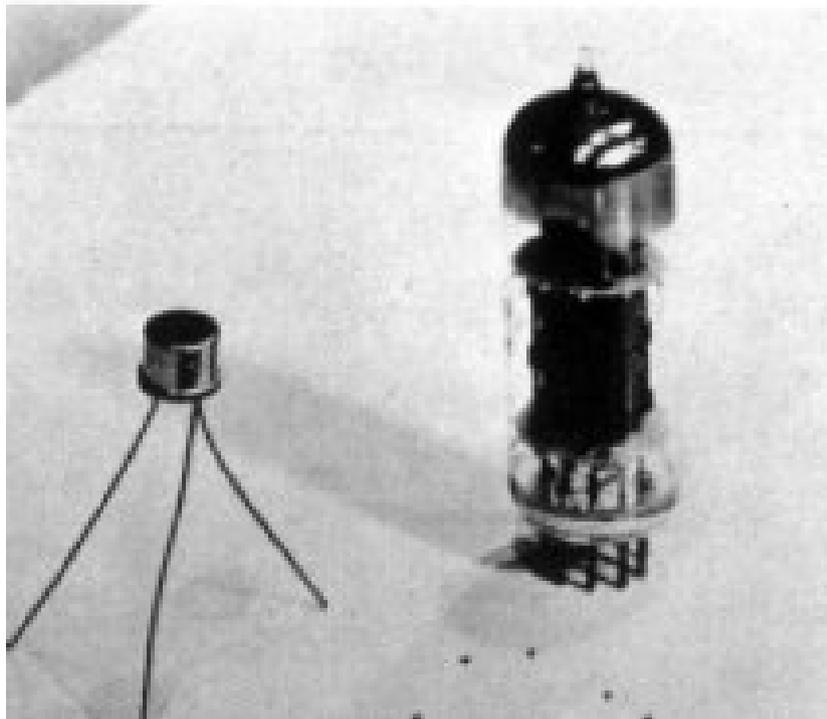
Dalla fase “universitaria” a quella  
“commerciale”

# Diffusione dei computer

- Negli anni '50 inizia la trasformazione dei computer
  - escono dai laboratorio di ricerca dove erano state confinate
  - si diffondono prima nelle aziende, dove svolgono compiti di natura commerciale
  - si iniziano a diffondere tra i privati cittadini appassionati di informatica
    - nascono i primi **home computer**: Apple I, Commodore VIC 20, Sinclair Spectrum
  - raggiungono praticamente tutte le case, diventando una delle tante espressioni consumistiche della nostra epoca

# Transistor

- Il primo grande progresso tecnologico che rese possibile tutto questo fu il **transistor**, avvenuta nel **1947** da parte di **William Shockley**, **Walter Brattain** e **John Bardeen** presso i Bell Labs.
  - i tre otterranno il premio nobel per la fisica
  - più veloce, piccolo e affidabile del triodo
- Commercializzato solo nel **1954** dalla Texas Instruments



# La 1° generazione

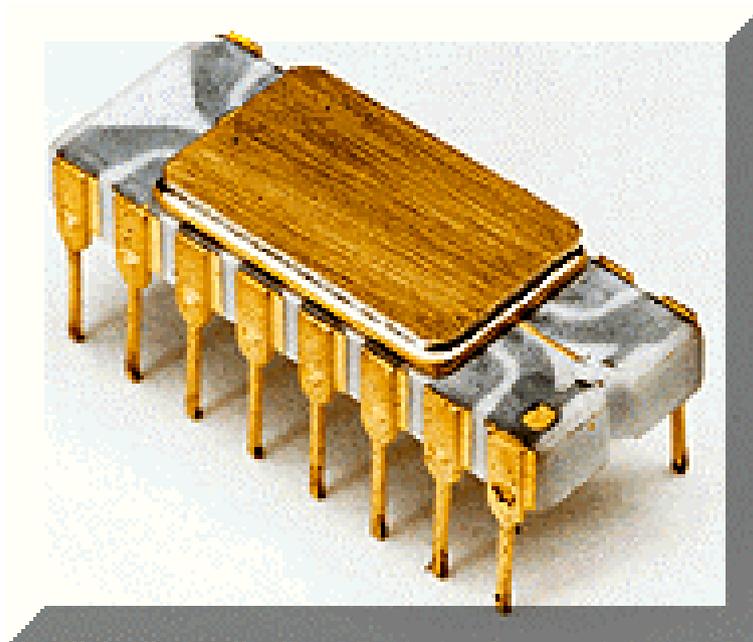
- In questo percorso, si usa dividere i computer in varie “generazioni”
  - i computer di ogni generazione condividono un certo numero di soluzioni tecniche, sia dal punto di vista **hardware** (il computer vero e proprio) che **software** (i programmi che “girano” nel computer)
- La **1° generazione** (1951-1958) è caratterizzata da
  - uso di tubi a vuoto
    - grandi dimensioni e notevole dissipazione di calore
    - necessità di impianti di climatizzazione
    - scarsa affidabilità
  - velocità dell'ordine di una operazione ogni millisecondo
  - uso diretto del linguaggio macchina
    - un linguaggio a bassissimo livello che il computer può capire direttamente senza bisogno di traduttori

# La 2° generazione

- La 2° generazione (1959-1963) è caratterizzata da
  - uso dei transistor invece dei tubi a vuoto
    - quindi minor riscaldamento, più affidabilità, minor consumo di energia
  - uso dei dischi e nastri magnetici come memoria di massa
  - stampanti e lettori di schede veloci
  - velocità di circa 1operazione ogni 10 microsecondi
- I computer della 2° generazione (come già quelli della prima) sono prodotti o per fini scientifici o per fini amministrativi, ma non si prestano bene ad entrambi i compiti.

# I circuiti integrati

- Nel 1958 nascono i primi circuiti integrati
  - a forma di ragnetto
  - contengono vari transistor collegati tra di loro
- I primi chip contenevano qualche decina di transistor, mentre i moderni microprocessori arrivano a più di cento milioni di transistor.



# La 3° generazione

- La 3° generazione (1964-1970) è caratterizzata da
  - utilizzo dei primi circuiti integrati
    - ancora più piccoli e meno onerosi dei transistor
  - prodotti per essere usati indifferentemente per compiti scientifici e commerciali
  - tipicamente prodotti in serie
    - ogni serie comprende vari modelli compatibili tra di loro sia dal punto di vista software che hardware
  - posseggono di sistemi operativi abbastanza sofisticati
    - il sistema operativo si occupa di gestire i dischi e le periferiche di input/output, la memoria in modo che il programmatore non debba preoccuparsi di queste cose

# La 4° generazione

- La 4° generazione (1971-) è caratterizzata da
  - la miniaturizzazione dei componenti si spinge sempre avanti
    - si parla di circuiti integrati a larga scala di integrazione (LSI) o larghissima scala di integrazione (VLSI)
- Dopo la 4° generazione si è smesso di dividere i computer in generazioni successive
  - dopo il 1971, i computer subiranno continue evoluzioni, ma non rivoluzioni
  - la tecnologia avrà continui miglioramenti ma nessun drastico cambiamento
    - come quello dai tubi a vuoto ai transistor

# Tabella riassuntiva delle generazioni

	<i>1° generazione</i>	<i>2° generazione</i>	<i>3° generazione</i>	<i>4° generazione</i>
<i>Dimensioni</i>	Una stanza	Un armadio	Una scrivania <b>minicomputer</b>	Una macchina per scrivere <b>microcomputer</b>
<i>Istruzioni / sec.</i>	centinaia	migliaia	milioni	decine di milioni
<i>Affidabilità</i>	ore	giorni	settimane	mesi
<i>Memoria</i>	migliaia	decine di migliaia	centinaia di migliaia	milioni
<i>Costo per milioni di oper.</i>	\$10.00	\$1.00	\$0.10	\$0.001

# I linguaggi ad alto livello

- Programmare i computer in linguaggio macchina è particolarmente faticoso
  - guardate questi due programmi che stampano la stringa “Hello World” sullo schermo

```
class Hello {  
public static void main(String[]args) {  
    System.out.println("Hello world!");  
}  
}
```

Codice in Java

Codice in linguaggio macchina

```
.data  
msg:  
    .string "Hello, world!\n"  
msgend:  
    .equ len, msgend-msg  
  
.text  
  
.global _start  
  
_start:  
    mov $4,%eax  
    mov $1,%ebx  
    mov $msg,%ecx  
    mov $len,%edx  
    int $0x80  
  
    movl $1,%eax  
    xorl %ebx,%ebx  
    int $0x80
```

# FORTRAN e COBOL

- Il primo linguaggio ad alto livello sviluppato fu il **FORTRAN** nel **1956** da **John Backus** per la IBM
  - se si escludono alcuni linguaggi sperimentali introdotti prima
- E' un linguaggio per applicazioni scientifiche
  - il nome deriva da **FORmula TRANslator**
  - un programma, chiamato compilatore, trasformava il programma in Fortran in linguaggio macchina
- Per le applicazioni di natura commerciale, venne invece sviluppato il linguaggio **COBOL** (**Common Business Oriented Language**)

# Bibliografia

- Marcello Morelli  
*Dalle calcolatrici ai computer degli anni cinquanta*  
FrancoAngeli
- I siti web:
  - Storia informatica:  
<http://www.storiainformatica.it/>
  - Storia delle matematiche elementari:  
<http://web.unife.it/altro/tesi/A.Montanari/indice.htm>
  - Voglia di calcolare: Breve storia degli strumenti (terza parte)  
*di Luca Nicotra*  
<http://www.controluce.it/giornali/a10n07/24-27-curiositastoriche.htm>
- Ricordi d'infanzia