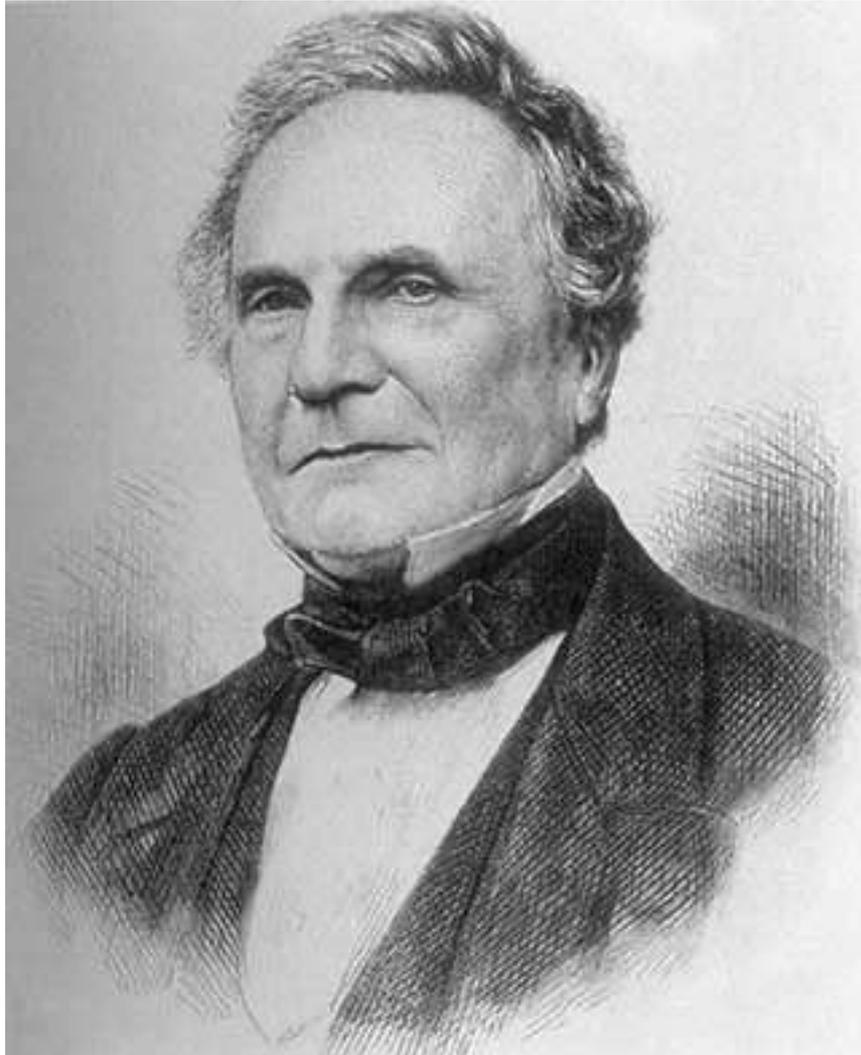


Un pioniere dell'informatica del 1800

Chi è quest'uomo?



Charles Babbage (1791-1871)

- Figlio di un banchiere londinese, appartiene alla ricca borghesia britannica
- Studia al Trinity College, Cambridge
- Occupa la cattedra di matematica a Cambridge che fu di Newton
- Fonda la Royal Statistical Society e l'Analytical Society
- Scrive lavori nei settori: ottica, osservazioni atmosferiche, elettricità e magnetismo, calcoli attuariali per assicurazioni, crittologia, geologia, lavorazione dei metalli, sistemi di tassazione, etc.

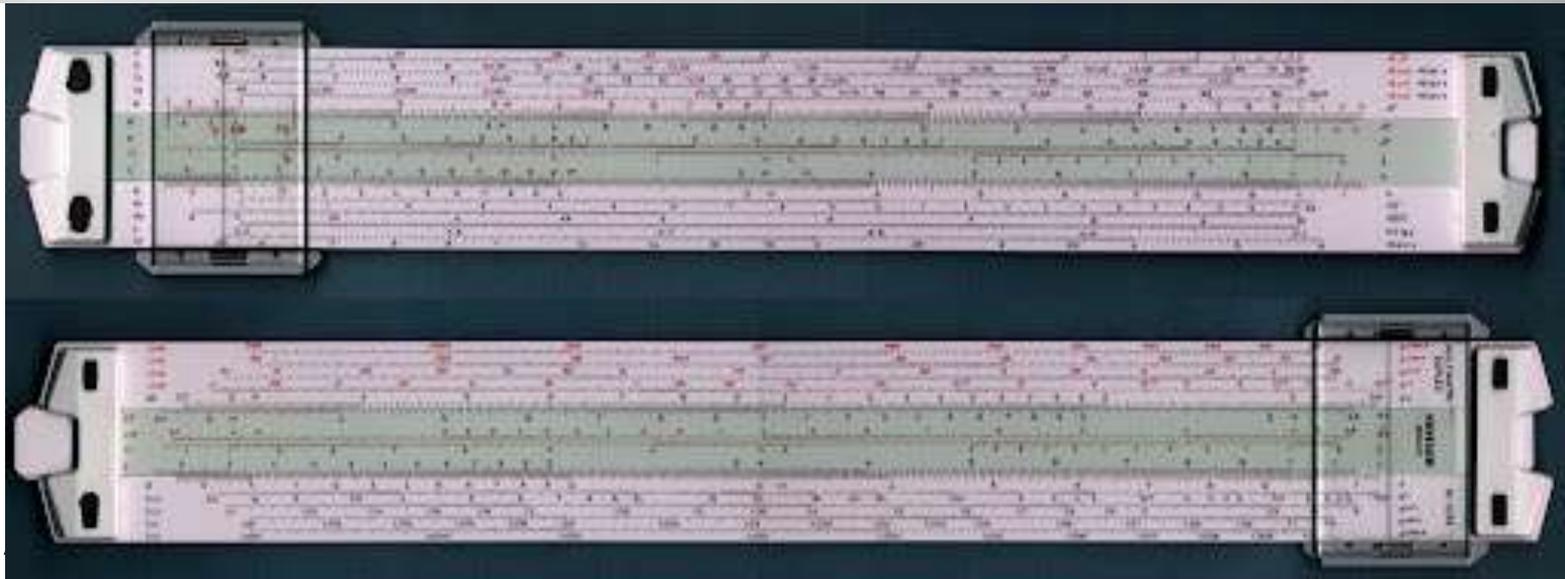
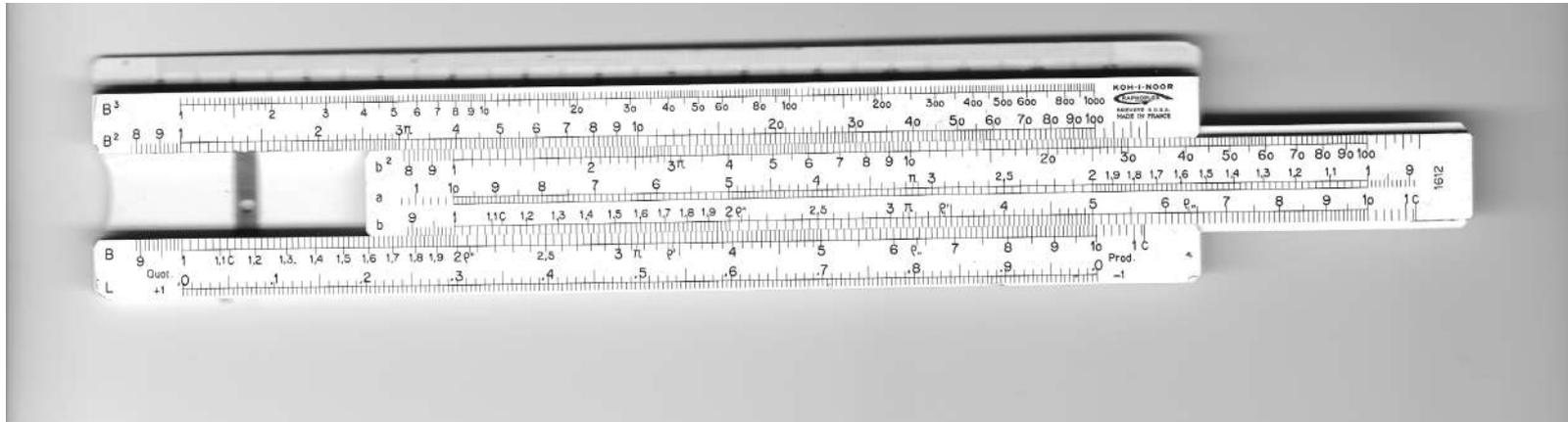
Rivoluzione Industriale(1733-1878)

- James Watt's *motore a vapore* 1765
- *cotonificio a vapore* 1785
- *illuminazione con lampade a gas* 1800
- *meccanizzazione dell'agricoltura: il trattore*
- Thomas Edison *lampadina elettrica* 1879

Calcoli

- La rivoluzione industriale crea enormi esigenze di calcolo per la progettazione delle macchine, la navigazione, la finanza, ecc.
- La maggior parte dei calcoli numerici sono eseguiti usando tavole (funzioni trigonometriche, effemeridi, soprattutto **logaritmi**)
- Il regolo calcolatore, basato sulle proprietà dei logaritmi, permette l'escuzione di operazioni approssimate
- Le tavole numeriche sono rimaste in uso fino agli anni 70 del secolo scorso!

Il regolo calcolatore



La crisi delle tavole matematiche

- Le tavole di logaritmi erano preparate da team di parecchie decine di persone (“computers”), che eseguivano su carta le semplici operazioni necessarie, dopo che matematici hanno preparato e suddiviso il lavoro.
- La produzione delle tavole era un compito costoso e tedioso e ogni fase della preparazione poteva essere facilmente soggetta ad errori: dal calcolo alla trascrizione, dalla composizione tipografica alla stampa.

Gli errori.....

- *An undetected error in a logarithmic table is like a sunken rock at sea yet undiscovered, upon which it is impossible to say what wrecks may have taken place.*

Sir John Herschel, 1842

Babbage concepisce l'idea di una macchina per generare le tavole



My friend Herschel, calling upon me, brought with him the calculations of the computers, and we commenced the tedious process of verification. After a time many discrepancies occurred, and at one point these discordances were so numerous that I exclaimed, “I wish to God these calculations had been executed by steam.” 1821

Difference Engine

- Nel luglio 1822, Babbage scrive al presidente della Royal Society descrivendo il suo progetto di una macchina per *calcolare e stampare* tavole matematiche
 - *(Note: Babbage had over 300 books of tables in his library)*
- Nel Giugno 1823, gli viene concesso dallo stato un contributo di 1,500 pounds
- Dicembre 1829, contributo addizionale di 3,000 pounds
- Babbage si mette al lavoro sul “Difference Engine”

Analytical Engine: un po' di matematica....

- Il valore di funzioni, quali i logaritmi, che richiederebbero uno sviluppo in una serie di infiniti termini, può essere approssimato da un polinomio.
- $F(x) = 2x^2 + 3x + 2$ è un polinomio di grado 2
- Maggiore il grado, maggiore la precision del risultato: Babbage usa polinomi di grado 7
- Nelle slides che seguono vediamo come si calcola un polinomio: è lo stesso metodo usato per la creazione manuale delle tavole

Calcolo di un polinomio 1

- La tavola riporta nella prima colonna il valore della variabile x e nella seconda il valore del polinomio.
- Δ_1 è la differenza tra un valore di $f(x)$ ed il precedente
- Δ_2 è la differenza tra un valore di Δ_1 e il precedente ed è una costante

$$f(x) = 2x^2 + 3x + 1$$

x	$f(x)$	Δ_1	Δ_2
1	6		
2	15	$15 - 6 = 9$	
3	28	$28 - 15 = 13$	$13 - 9 = 4$
4	45	$45 - 28 = 17$	$17 - 13 = 4$
5	66	$66 - 45 = 21$	$21 - 17 = 4$

Per inizializzare la macchina si inseriscono i primi valori di ogni colonna, che nella tabella dormano una diagonale.

Δ_2 è una costante

$$f(x) = 2x^2 + 3x + 1$$

x	$f(x)$	Δ_1	Δ_2
1	6		
2	15	9	
3	28	13	4
4	45	17	4
5	66	21	4

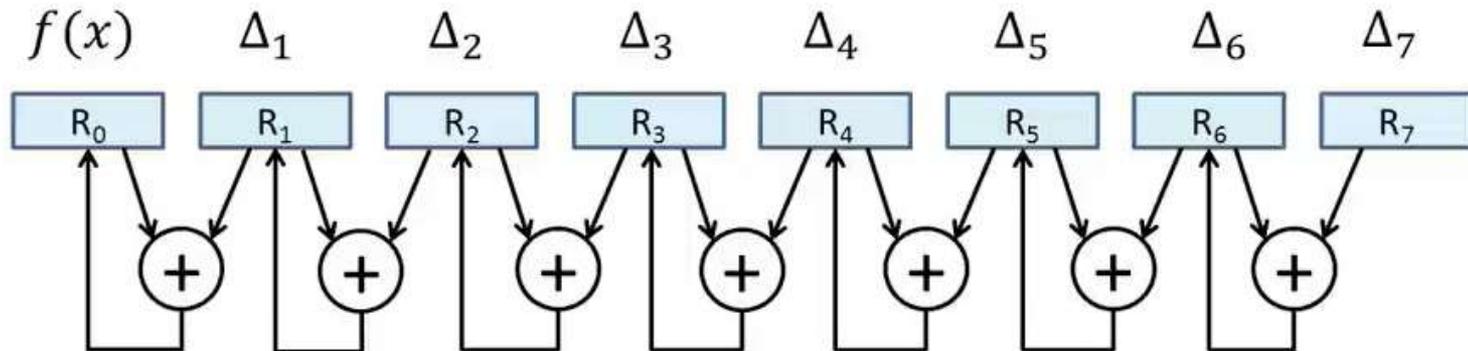
Dalla tabella si vede che i valori successivi della $f(x)$ si ottengono sommando Δ_2 a Δ_1 e Δ_1 a $f(x)$.

La macchina ripristina la costante nella colonna a destra ed inserisce nella seconda colonna la somma delle prime due e nella terza incrementa (somma) $f(x)$ con il valore di Δ_1

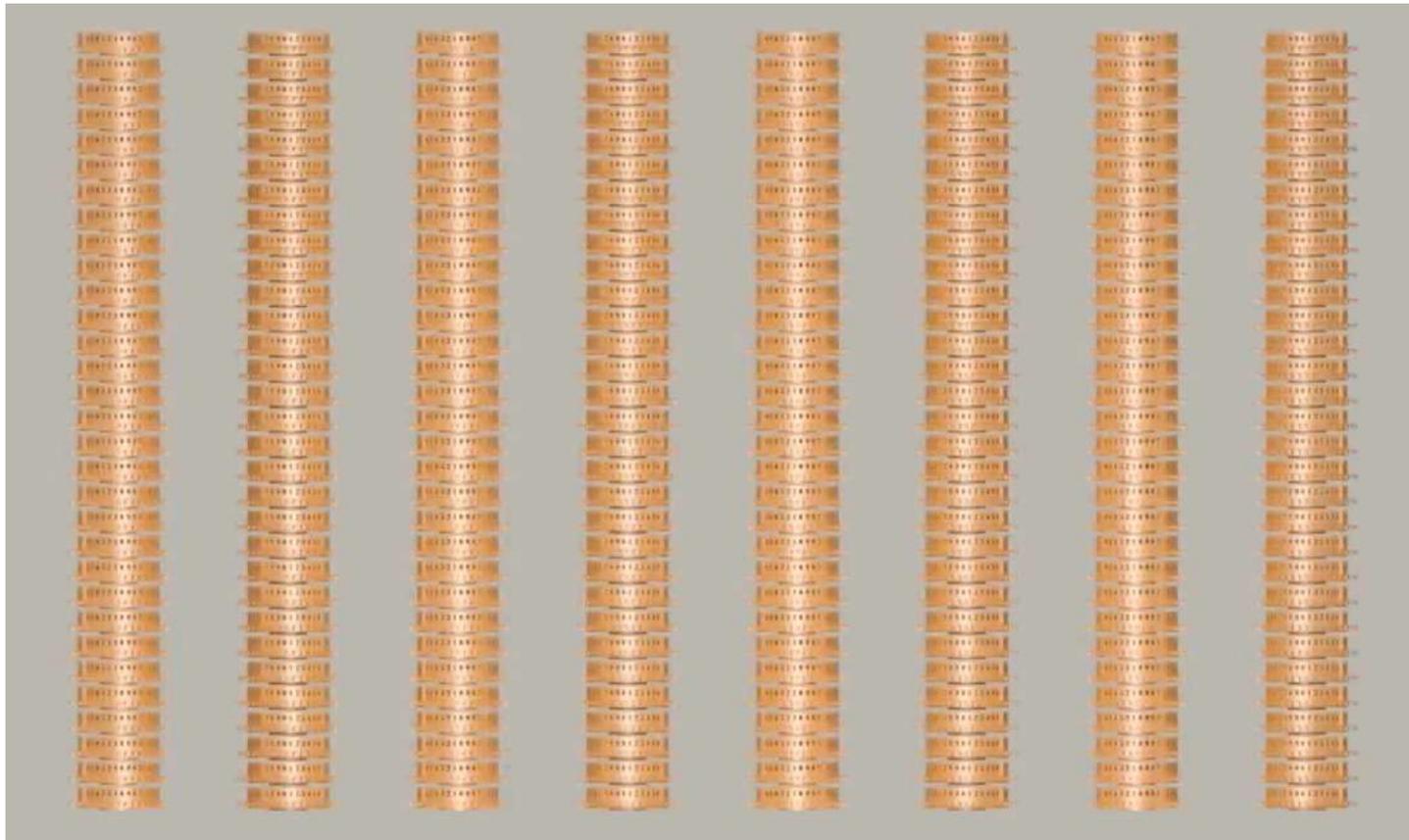
$$f(x) = 2x^2 + 3x + 1$$

x	$f(x)$	Δ_1	Δ_2
1	6	9	4
	+	+	
2	15	13	4

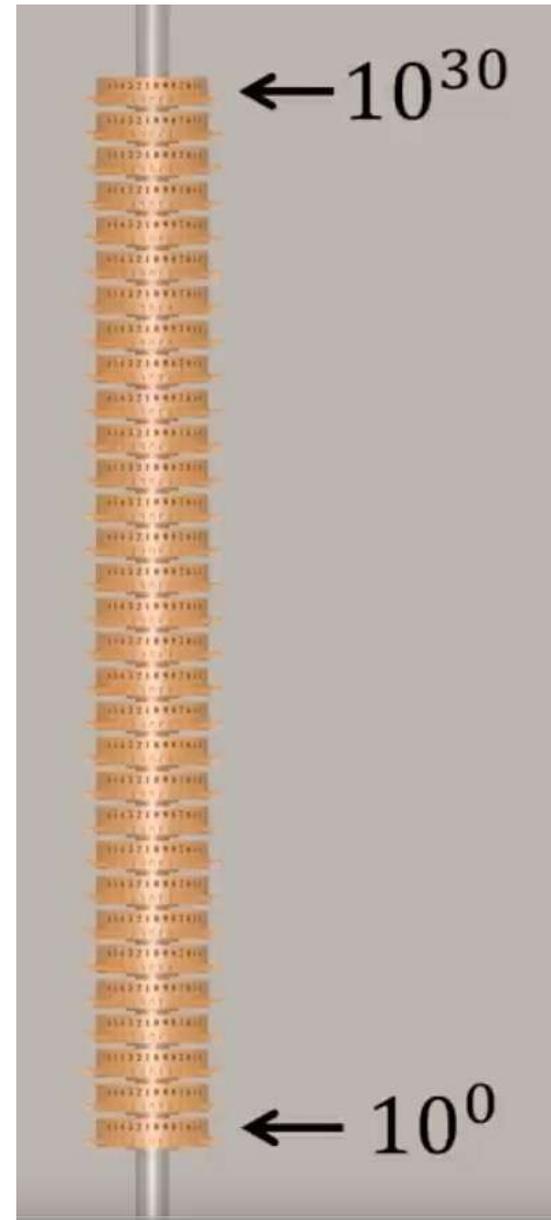
Lo stesso procedimento per tutte le colonne, che a questo punto contengono il valore di $f(x+1)$. La macchina lo stampa e procede a calcolare automaticamente il successivo.



Ogni colonna rappresenta un numero di 31 cifre decimali. Ci sono 8 colonne quindi si può approssimare il logaritmo con un polinomio di ordine 7. La cifra più a destra è la costante.



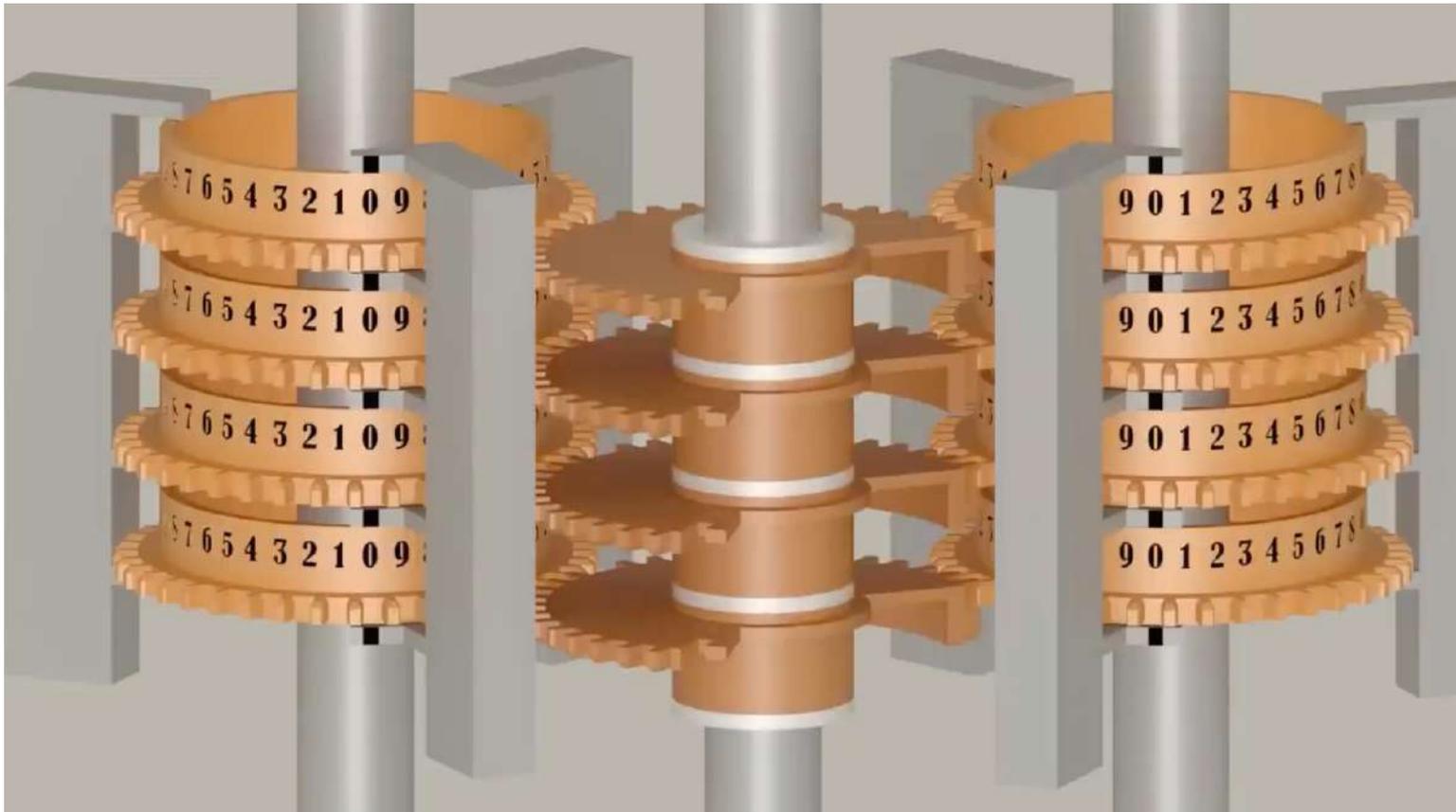
Rappresentazione del
numero sulla colonna



Somma di due cifre



Trasferimento della somma alla colonna successiva

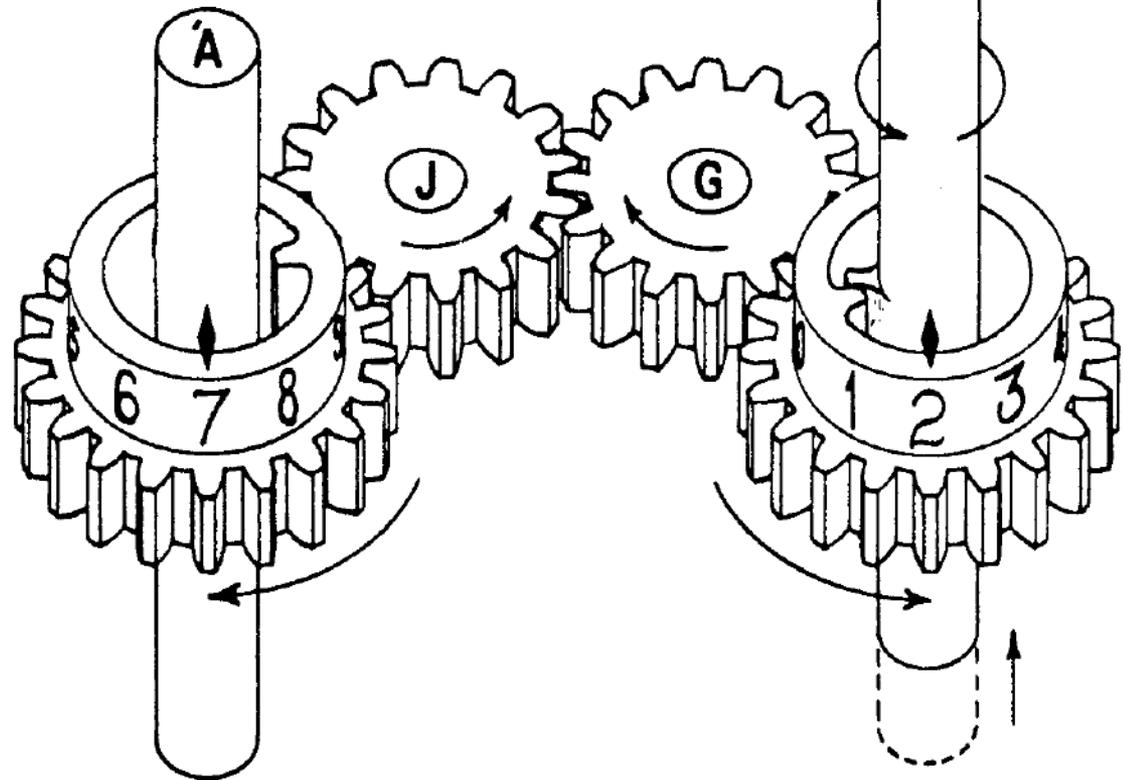
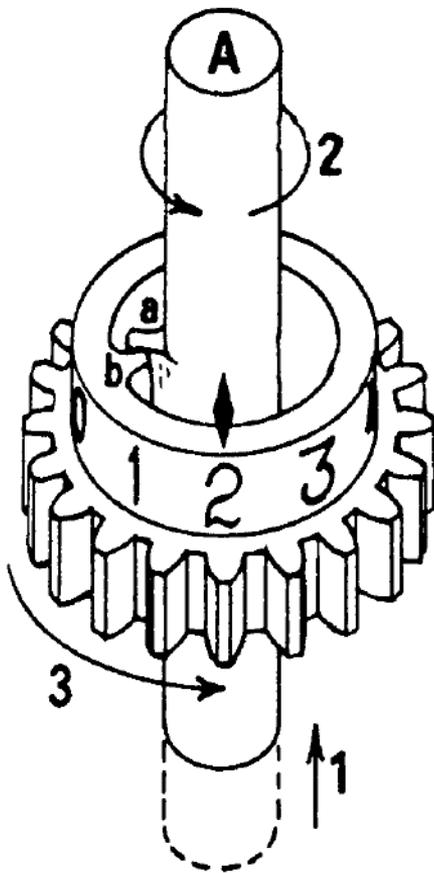


Il meccanismo per la
propagazione dei
riporti

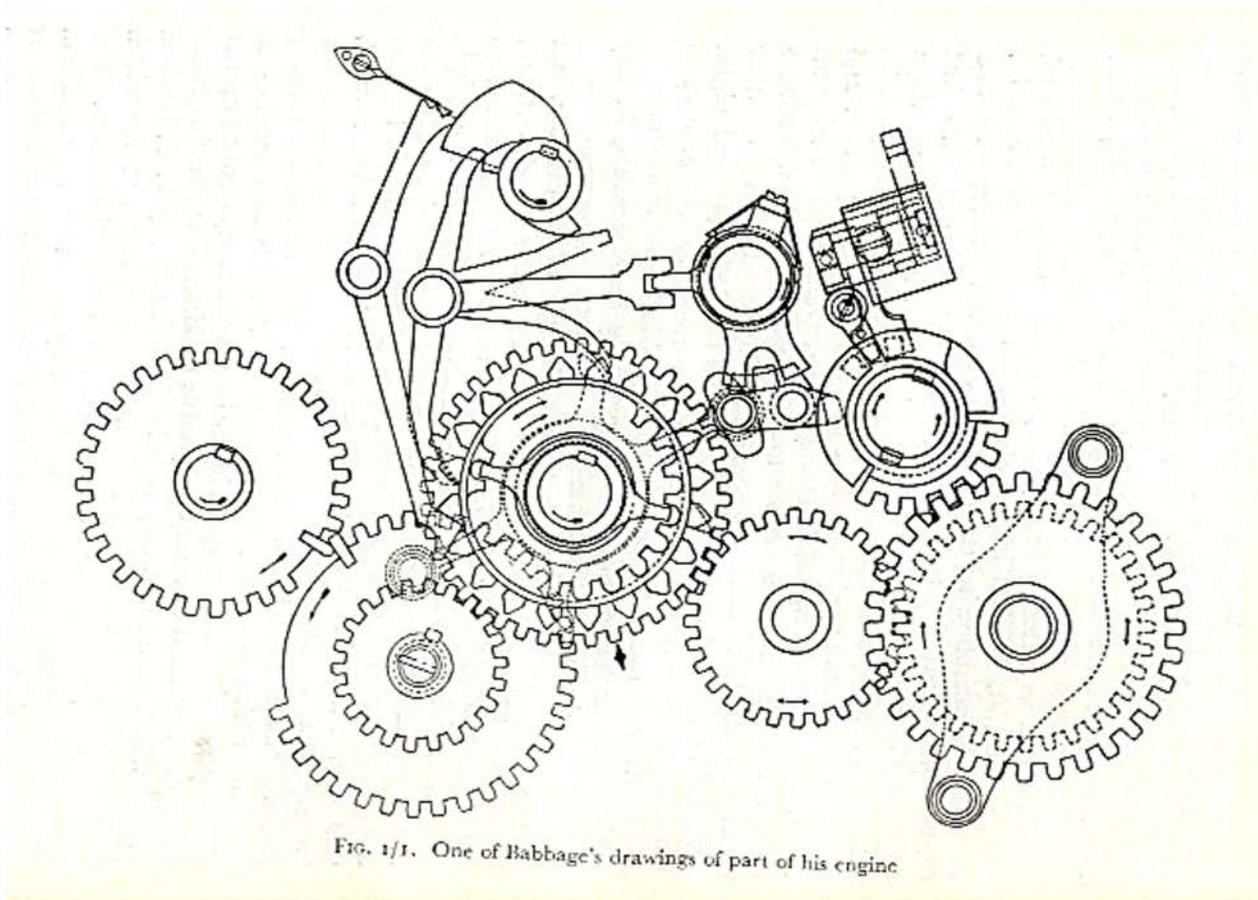


- Il calcolo non richiede l'immagazzinamento di nessun dato: ogni colonna si aggiorna con il valore della precedente. Il funzionamento è sequenziale.
- Si imposta sulle colonne il primo valore e la macchina procede automaticamente alla generazione e stampa dei risultati.
- Babbage in realtà progetta la sua macchina per eseguire le somme «in parallelo» per aumentare la velocità di esecuzione dei calcoli.
- Ogni giro di manovella produce un nuovo valore

Disegni originali di Babbage



Disegni originali di Babbage



Un prototipo dimostrativo del Difference Engine, con un numero ridotto di decimali e di cifre



Mai terminato...

- Nel Dicembre 1830, una disputa con il suo “chief engineer”, Joseph Clement, ha per effetto la fine del lavoro di costruzione del Difference Engine
- Clement è autorizzato dalla legge inglese a trattenere i materiali ed i disegni.
- Babbage interrompe l'attività sul suo Progetto e comincia a lavorare sull'Analytical Engine
- Nel 1849 progetta la versione “definitiva”, il Difference Engine Number 2

Problemi per la realizzazione pratica del progetto di Babbage

- Limitate capacità industriali ed ingegneristiche all'inizio dell'era industriale.
- Necessità di progettare e costruire non solo il Difference Engine, ma anche le macchine e gli attrezzi necessary.
- A quell'epoca non esistevano *standards* industriali: ad esempio, ogni vite era unica nel suo genere!
- Problemi caratteriali di un genio.....

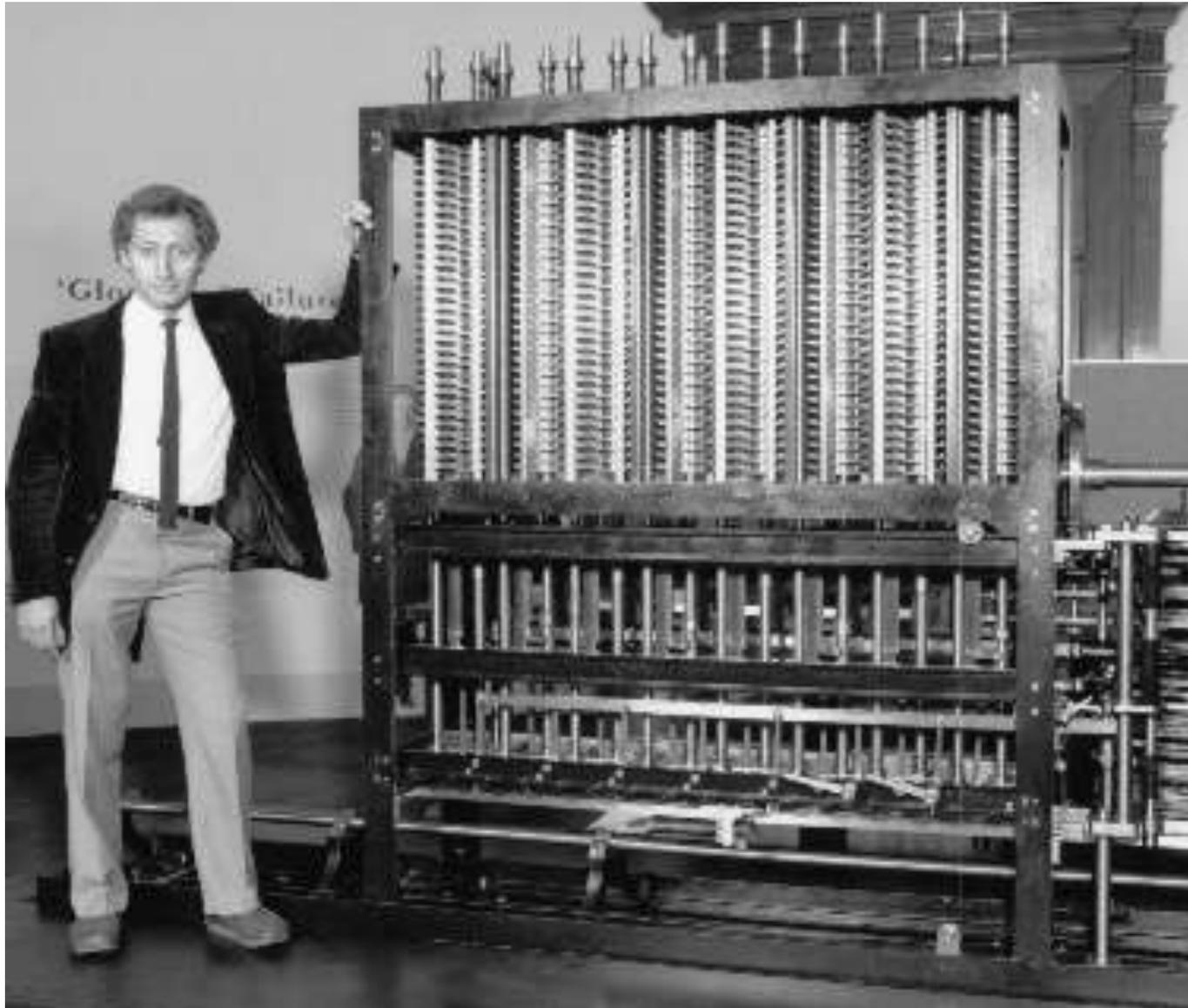
Importanza del Difference Engine

- Il primo tentativo di sviluppare una macchina automatica per un calcolo matematico di notevole importanza
- Un esempio precoce di sussidio governativo per lo sviluppo scientifico e tecnologico.
- Spin offs verso l'industria delle macchine utensili.

Ricostruzione del “Difference Engine” da parte del London Science Museum

- Doron Swade, il curatore del museo, si dedica alla ricostruzione del Difference Engine e realizza un prototipo.
- *Difference Engine Number 2* (1847 - 1849) costruito secondo i disegni originali di Babbage, terminato nel 2002 dopo 17 anni di lavoro.
- 4,000 parti, 5 tonnellate di peso
- Conservato al London Science Museum

Science Museum Recreation 1991



1/25/24

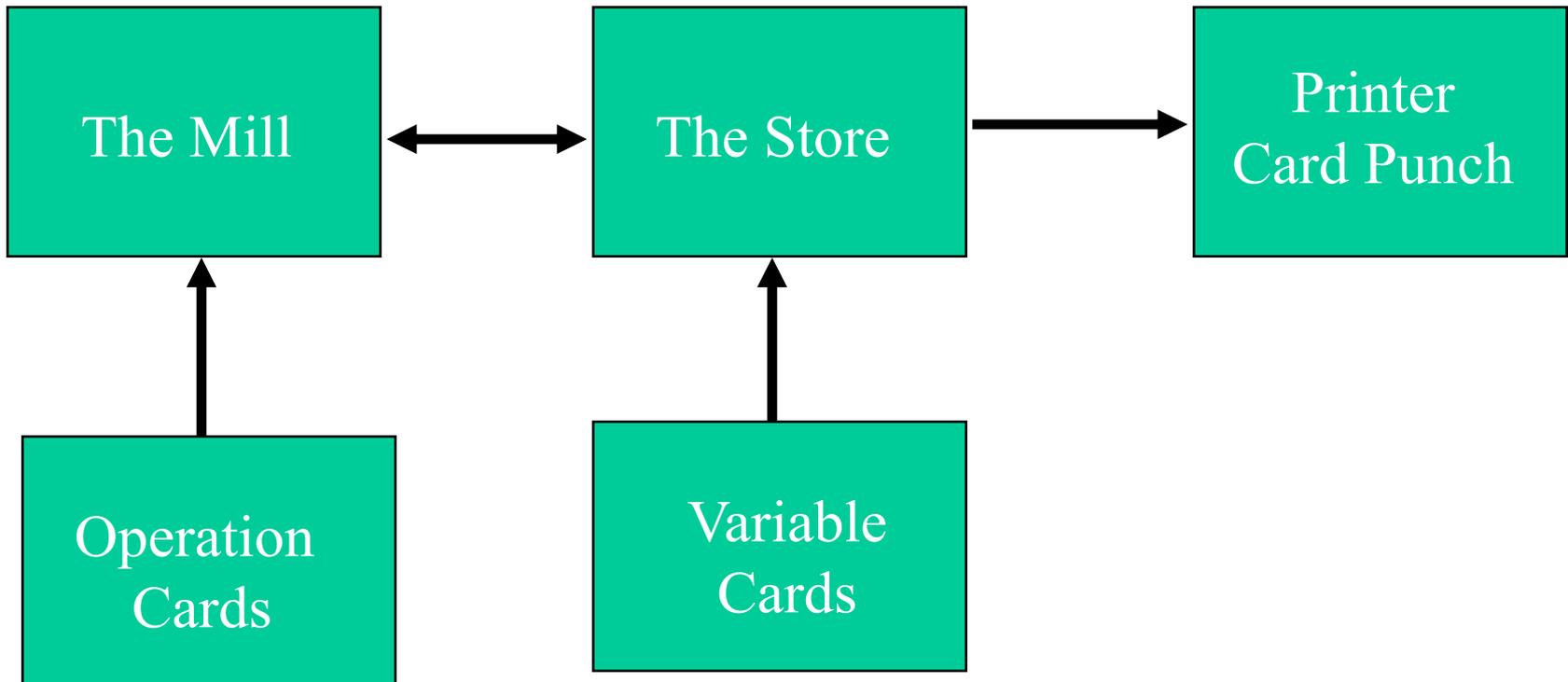
Una curiosità

- Nathan Myhrvold, un milionario della Silicon Valley, che aveva finanziato la realizzazione del prototipo, fa costruire per sé un altro esemplare identico del Difference Engine.
- Si dice che la moglie non l'abbia voluto in casa....
- Viene quindi esposto al Computer History Museum di Mountain View, in California, dove l'ho visto funzionare e me ne sono innamorato.

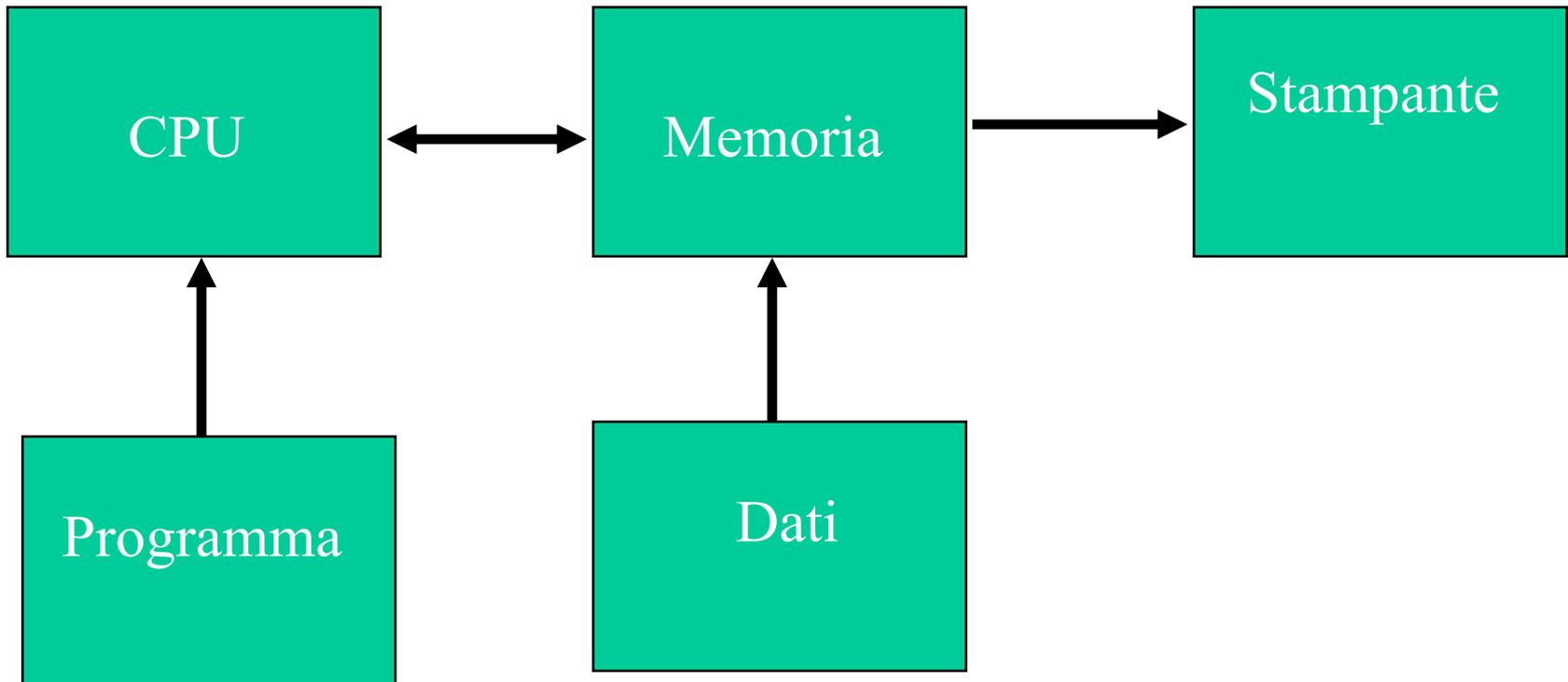
Analytical Engine

- Nel 1834 Babbage concepisce l'idea di una macchina capace di calcolare il valore di qualsiasi funzione matematica, che chiama **Analytical Engine**.
- Mentre la macchina precedente eseguiva un solo tipo di calcolo (polinomi) la nuova può essere programmata ad eseguire qualsiasi funzione.
- Babbage è consapevole dell'importanza della sua idea e, da questo momento dedica tutte le sue energie al nuovo progetto.
- La sua struttura anticipa quella dei moderni calcolatori.

Babbage's Analytic Engine



- The Mill (il mulino) si chiama oggi l'Unità Centrale o CPU,
- The Store è oggi la Memoria.
- Operation Cards sono schede perforate che contengono il codice dell'istruzione da eseguire, quindi il programma
- Variable Cards contengono i dati da inserire nella memoria



- Scheda perforata originale

Contiene l'istruzione per eseguire la moltiplicazione delle locazioni di memoria V6 e V2

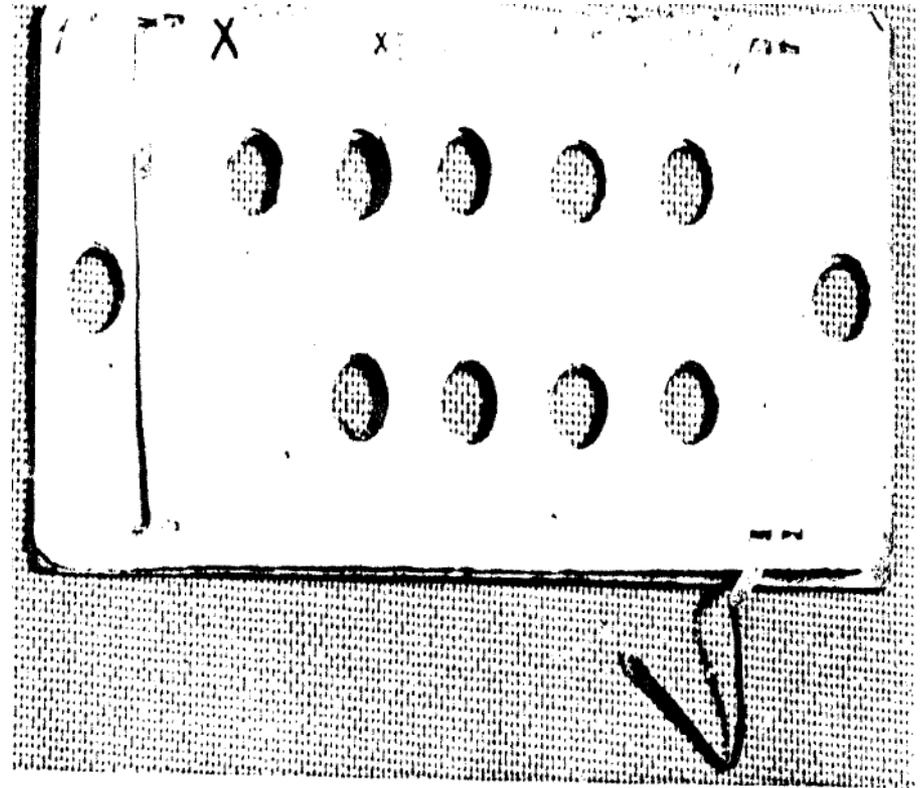


Figure 4-10. One of Babbage's sample punched cards containing the instruction to multiply the contents of the storage location V6 by the contents of storage location V2. (Photograph courtesy of the Science Museum, London.)

Disegno di Babbage: Analytical Engine visto dall'alto

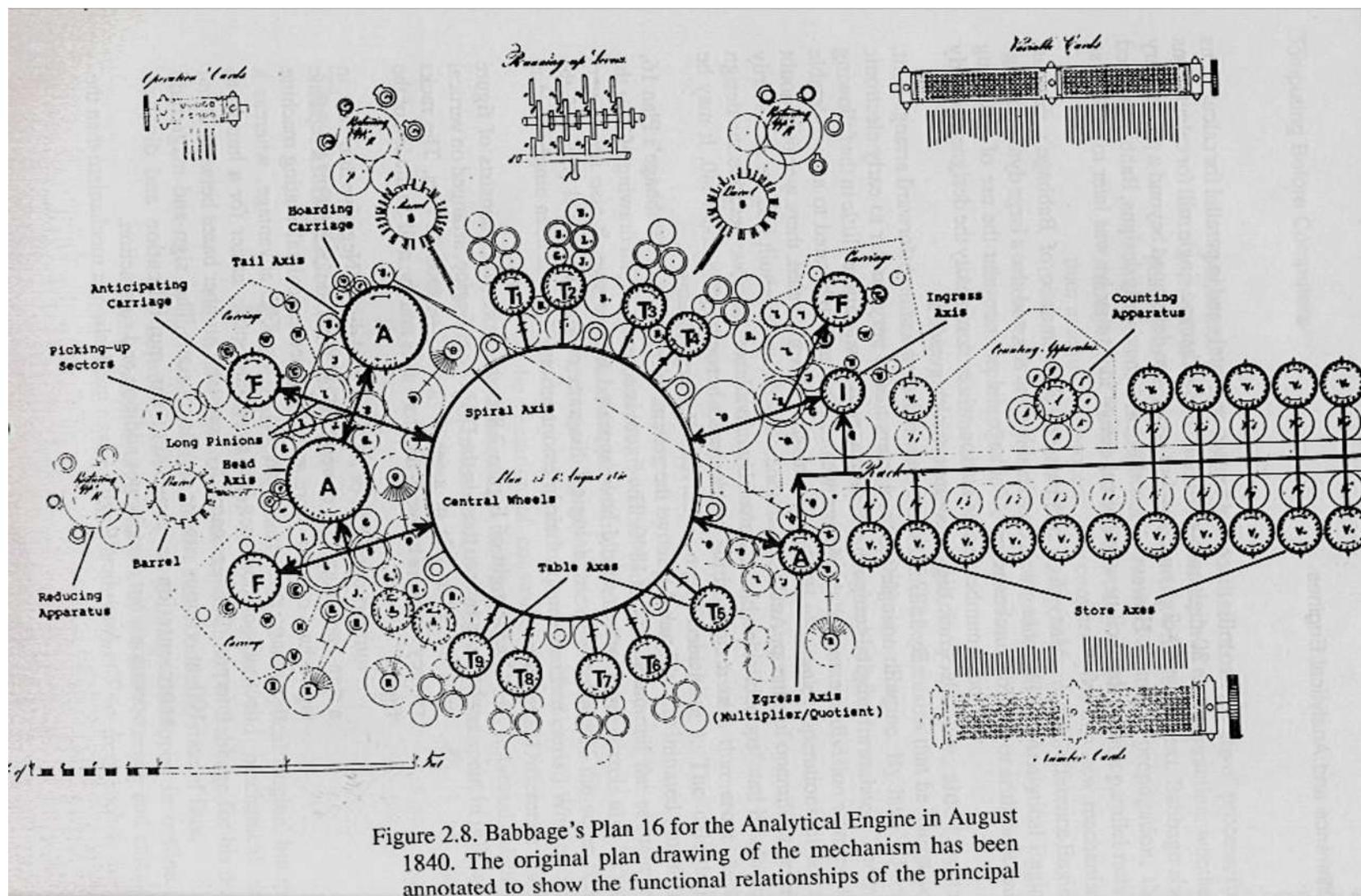


Figure 2.8. Babbage's Plan 16 for the Analytical Engine in August 1840. The original plan drawing of the mechanism has been annotated to show the functional relationships of the principal

Analytical Engine: la memoria

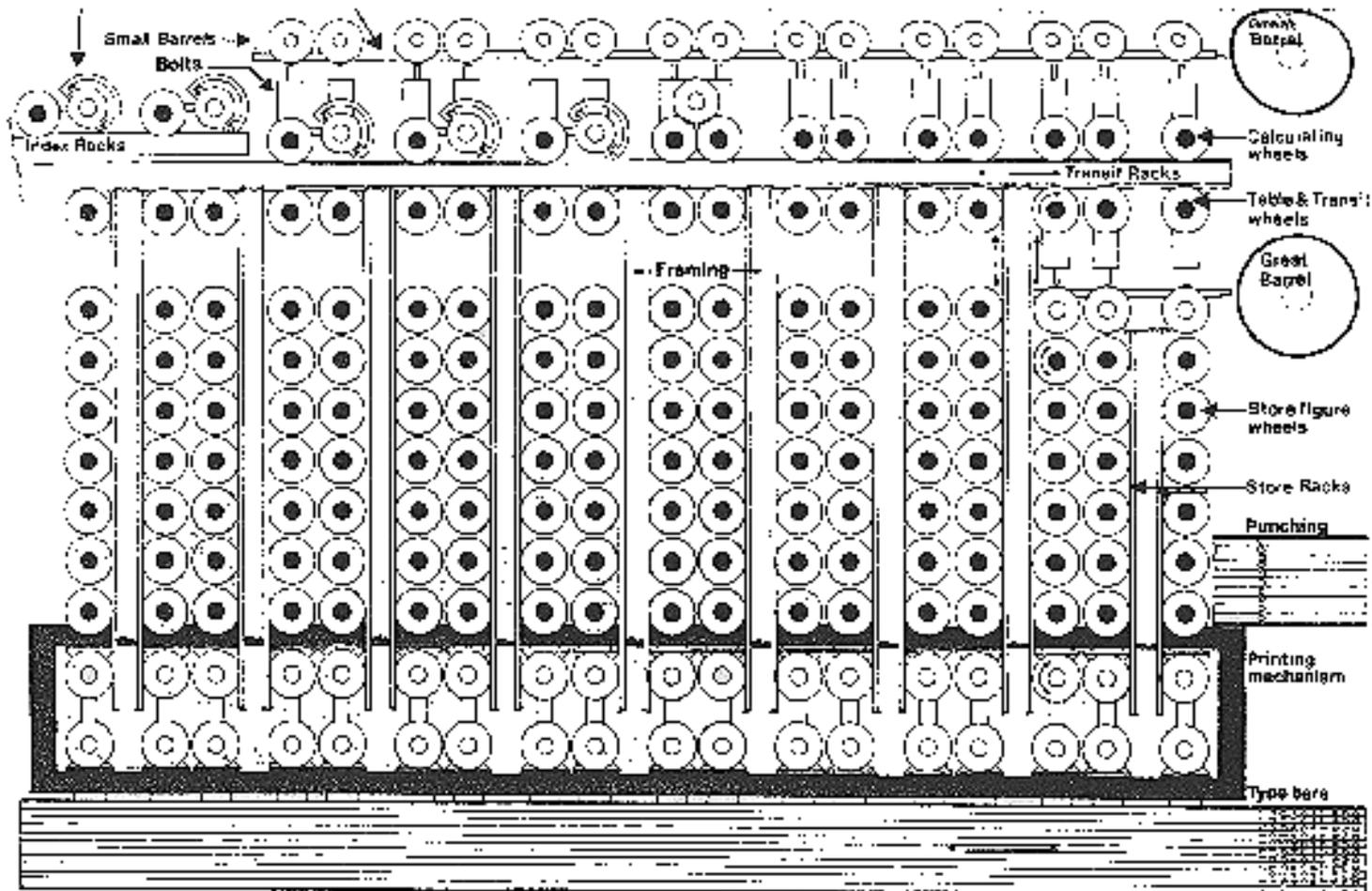


Fig. 2. Plan of Analytical Engine with grid layout, 1858 Rodrawiu.

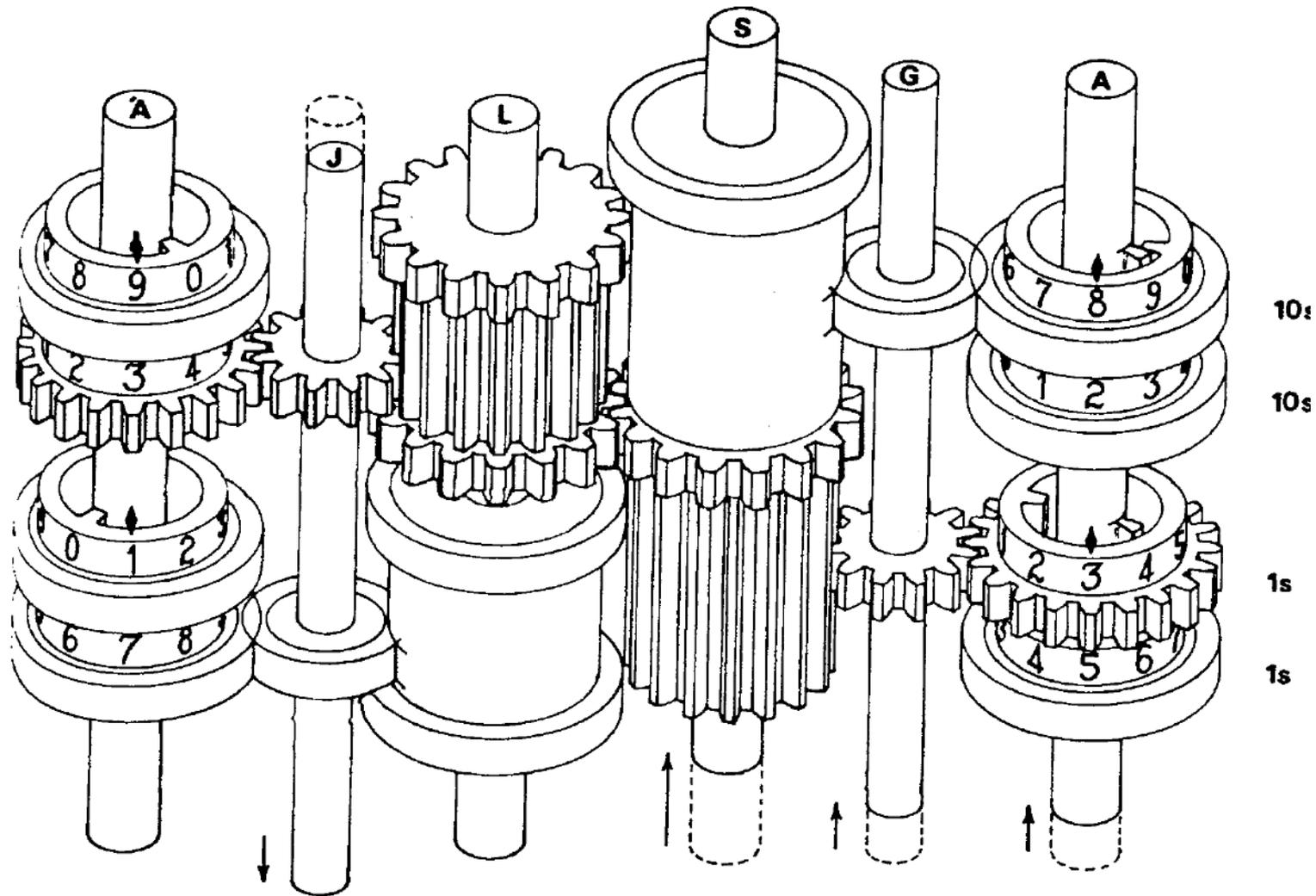


Figure 4. *Process of stepping, or multiplication, and division by 10. The "long pinions" S are raised with their axis to engage the long pinions L in the cage above. A number given off will therefore be stepped up a cage, or multiplied by 10. A transfer in the reverse direction will divide by 10.*

- Come funziona la «CPU»

Il «Barrell» contiene quelle chi oggi chiamiamo un «microprogramma», cioè le sequenze di comandi che istruiscono il «Mill» ad eseguirla.

Una «parola» del microprogramma è realizzata da dei pioli avvitati in verticale sul Barrel

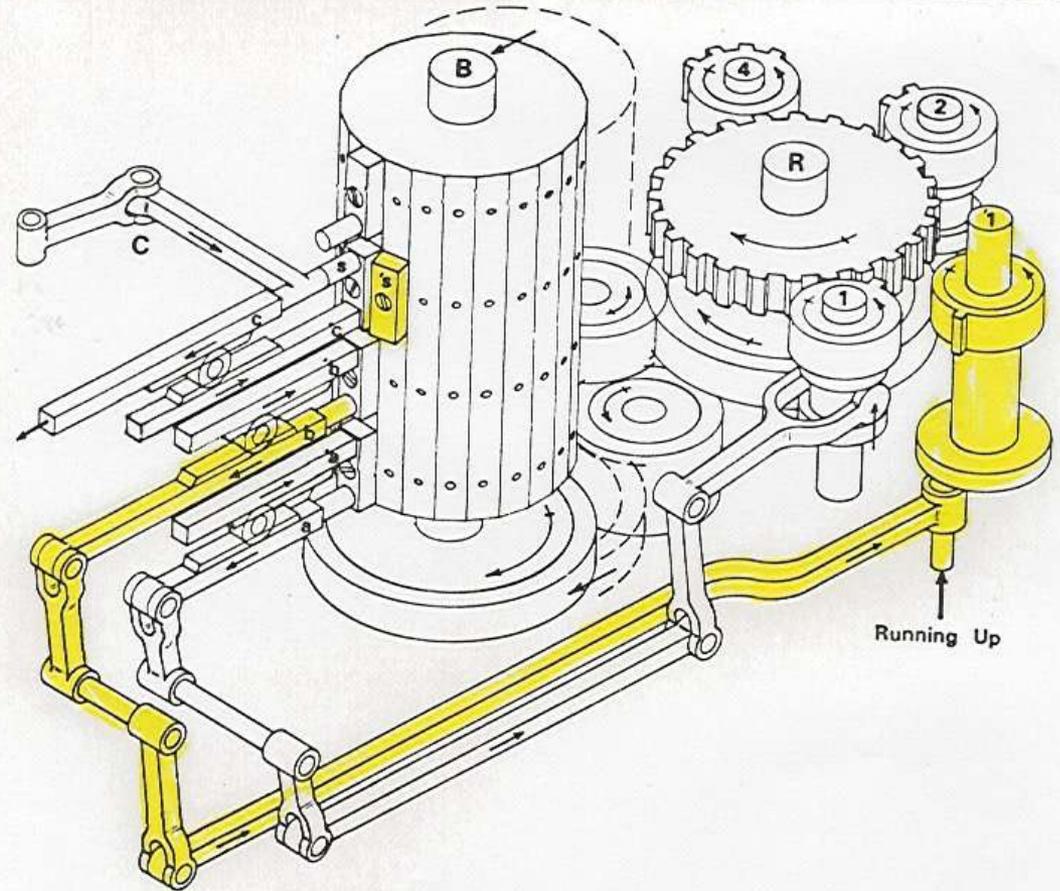
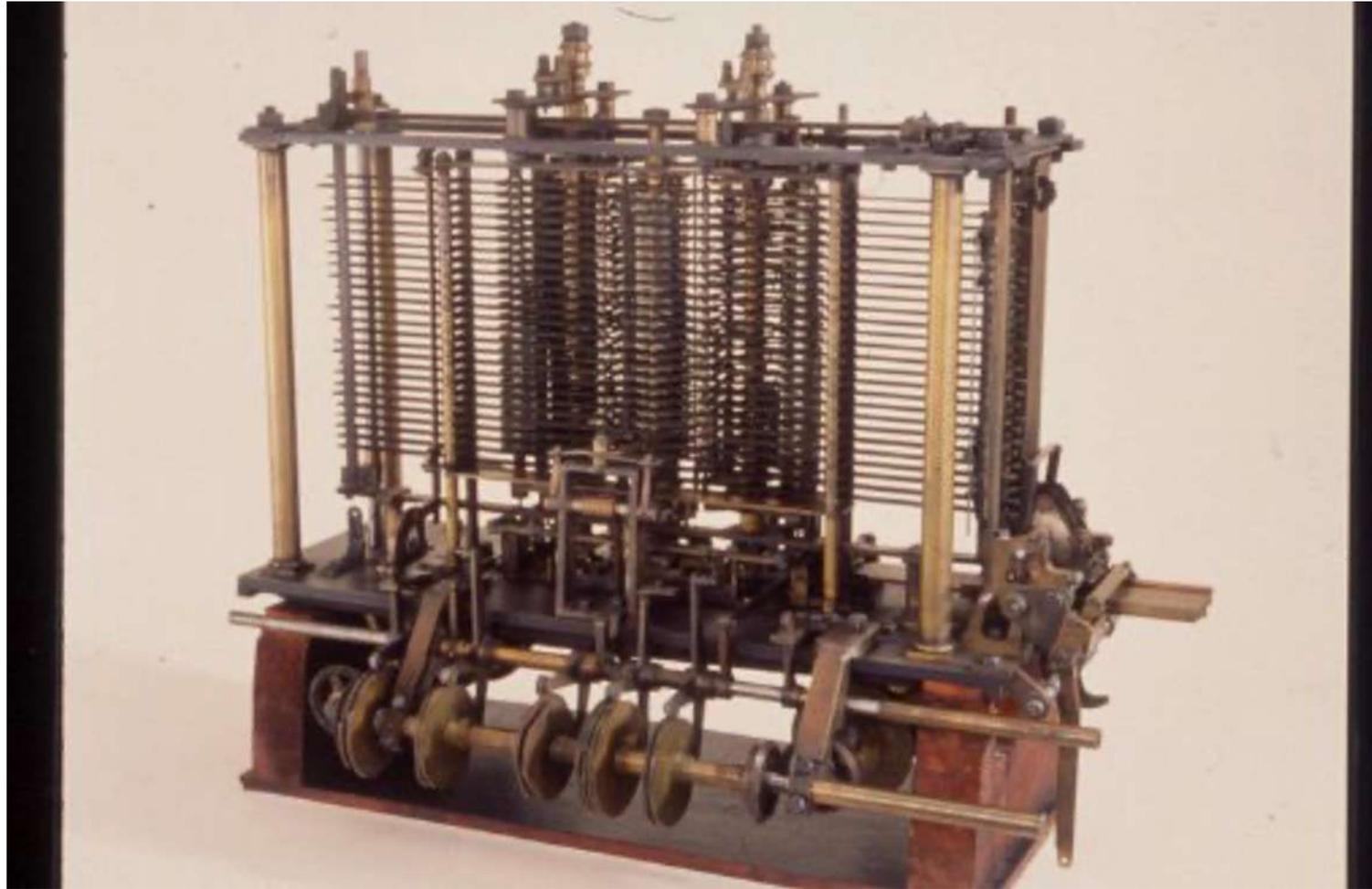
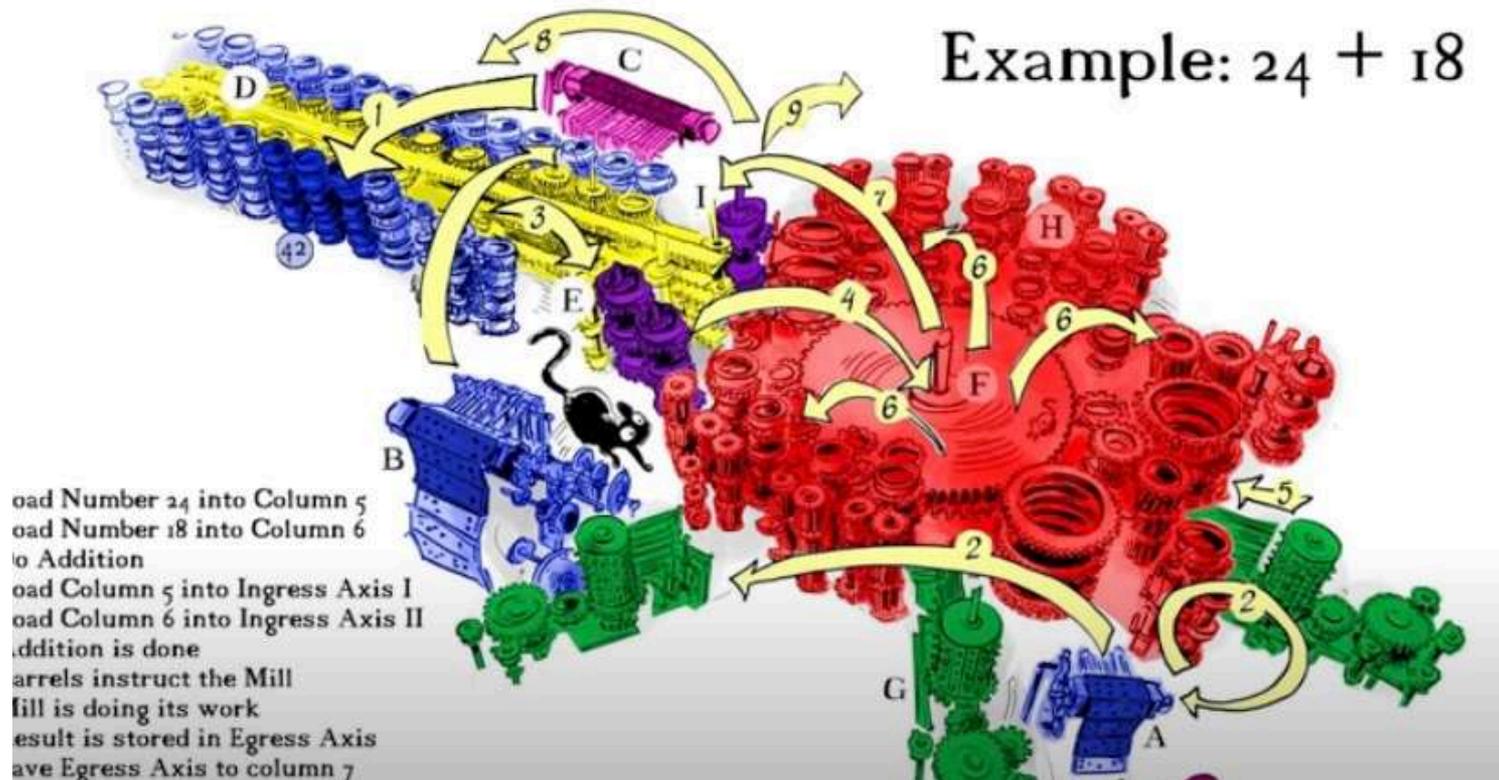


Figure 8. "Barrel" and its "reducing apparatus." A microprogram word is represented by a vertical row of studs screwed to the barrel. These act on the ends of the control levers when the barrel moves sideways. The "reducing sectors" of one, two, and four teeth advance the barrel over the corresponding number of verticals, and several may act in combination at one time. In the figure, reducing sector 1 is put into gear directly by order of the barrel via control lever a. Reducing sector "1" is put into gear by a "running up" from the carry apparatus if enabled to do so by the barrel and lever b. The effect is a conditional transfer. A "conditional arm" is sensed by control lever c to provide an action conditional on a previous event.

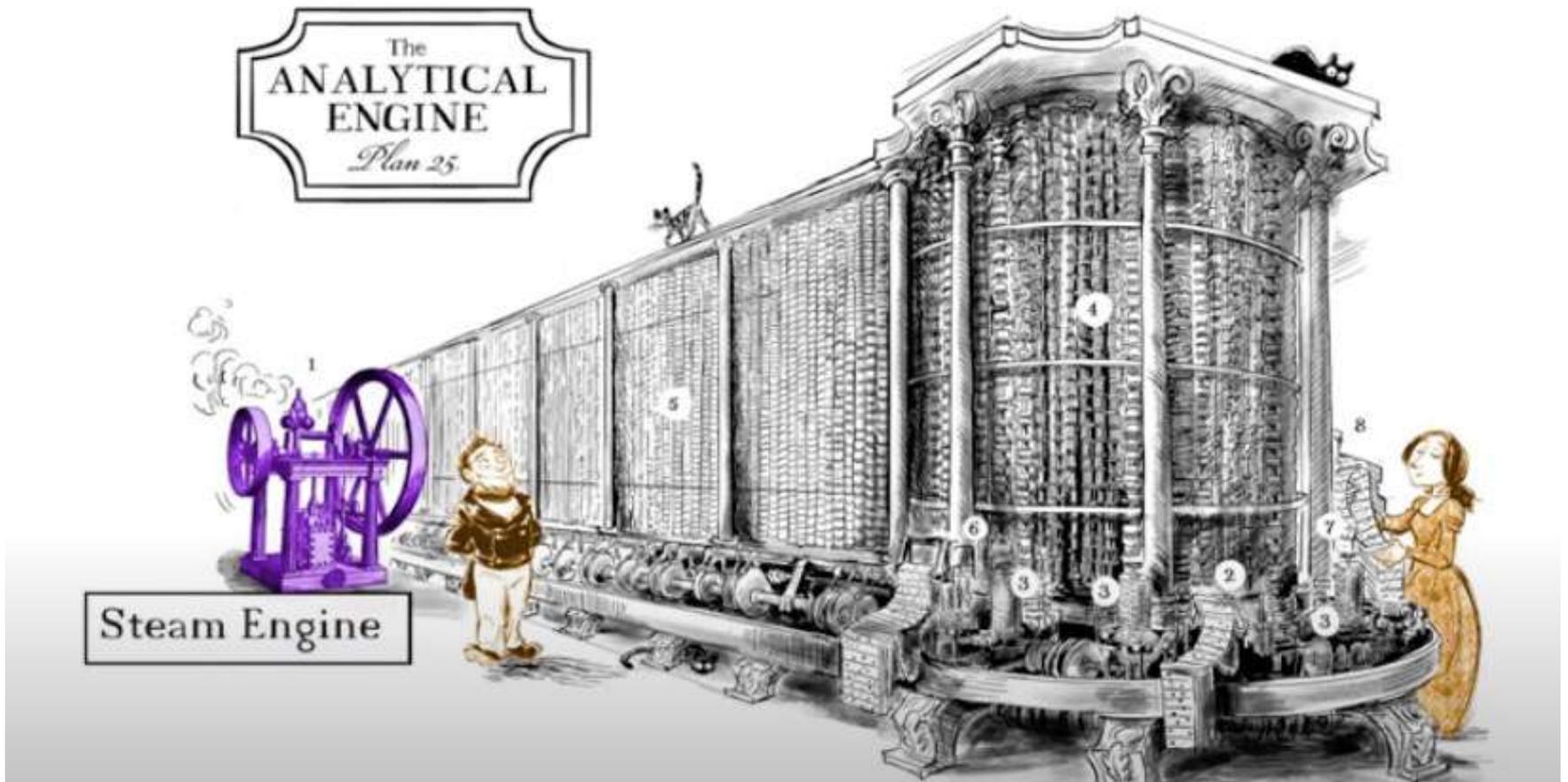
Portion of the Mill with Printing Mechanism (under construction at Babbage's death)



Se fosse stato costruito.....



Le dimensioni...



- L'Analytical Engine è un **sistema digitale** perché lavora su grandezze «discrete», le cifre decimali, ma non è un **sistema binario**, che usa solo due valori per rappresentare l'informazione.

Una conferenza a Torino.....

- Babbage è invitato alla conferenza degli scienziati italiani a Torino nell'autunno del 1841, dove presenta il suo lavoro sull'Analytical Engine.
- Un italiano, Luigi Menabrea, ufficiale del genio e futuro primo ministro, scrive un articolo in francese sul contenuto di quel seminario, dal titolo *Notions sur la machine analytique de Charles Babbage*

Luigi Federico Menabrea



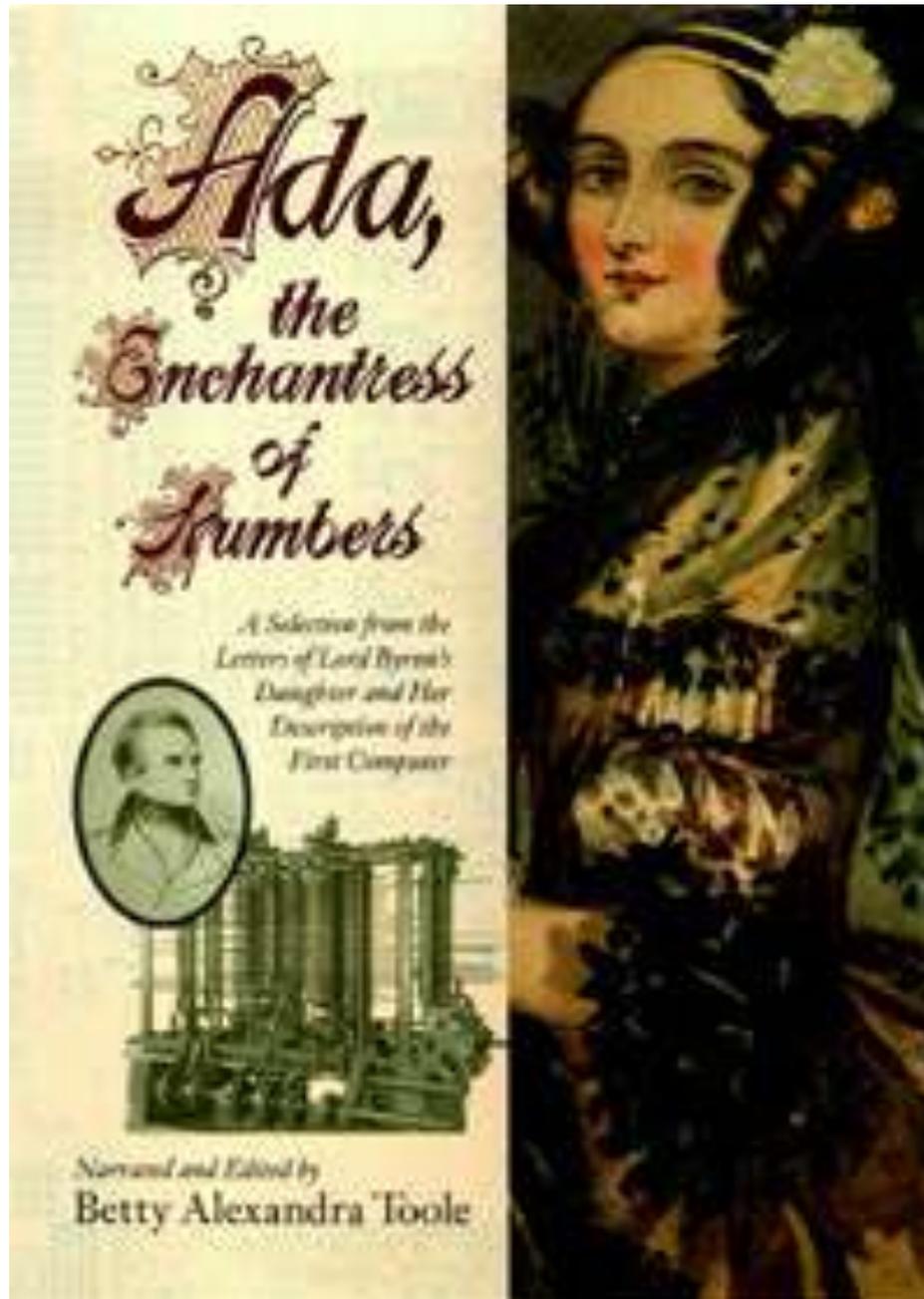
Luigi Federico Menabrea

- **Luigi Menabrea** studiò ingegneria e matematica all'Università di Torino, quindi diventò un ufficiale del Genio. Diventò professore di meccanica a Torino e, nel 1842, pubblicò un articolo in cui illustrava ed estendeva le idee di Babbage sul calcolatore meccanico.
- Menabrea entrò in politica e divenne Primo Ministro nel 1867. Durante questa parentesi politica continuò il suo lavoro scientifico, con la prima formulazione precisa dei metodi di analisi strutturale basati sul principio del lavoro virtuale.

Ada Augusta Byron, Lady Lovelace, 1815-1852



- Figlia del poeta Byron
- Abbandonata dal padre, che lascia la famiglia quando Ada non aveva ancora un anno
- Allevata dalla madre, una matematica, si distingue per le sue capacità in algebra, logica, analisi
- Nel 1833 incontra Charles Babbage. Aveva 18 anni.



Lady Lovelace



Il primo algoritmo di programmazione

- Due anni dopo Ada traduce l'articolo di Menabrea in inglese. Quando mostra a Babbage la sua traduzione, questi gli suggerisce di aggiungere le sue note personali, che risultano alla fine tre volte più lunghe dell'articolo originale.
- Pubblicato nel 1843, l'articolo di Ada include l'idea che una macchina come questa avrebbe potuto essere utilizzata su oggetti diversi dai numeri, per esempio per comporre musica, nonché alcune indicazioni su come il Motore Analitico avrebbe potuto essere programmato, in particolare per generare la serie di numeri di Bernoulli.
- Questo testo è considerato la prima descrizione di un software nella storia dell'umanità

Sketch of

The Analytical Engine

Invented by Charles Babbage

By L. F. MENABREA

of Turin, Officer of the Military Engineers

from the *Bibliothèque Universelle de Genève*, October, 1842, No. 82

With notes upon the Memoir by the Translator
ADA AUGUSTA, COUNTESS OF LOVELACE

- Il lavoro di Babbage rimase praticamente sconosciuto per quasi 100 anni.
- Fu riscoperto negli anni '40 del secolo scorso, quando furono realizzati i primi calcolatori, basati su tubi a vuoto.

Conclusioni

- La struttura logica di un calcolatore è indipendente dalla tecnologia che la realizza
- Un calcolatore meccanico non può essere realizzato per scopi pratici
- La tecnologia elettronica ha permesso la costruzione dei primi calcolatori negli anni '40
- Soltanto l'invenzione del transistor e dei circuiti integrati ha fatto sì che il calcolatore diventasse una «macchina» potentissima ed economicissima.
- Questo potrebbe essere l'argomento di un'altra chiacchierata....