

HISTORIA KOMPUTERÓW

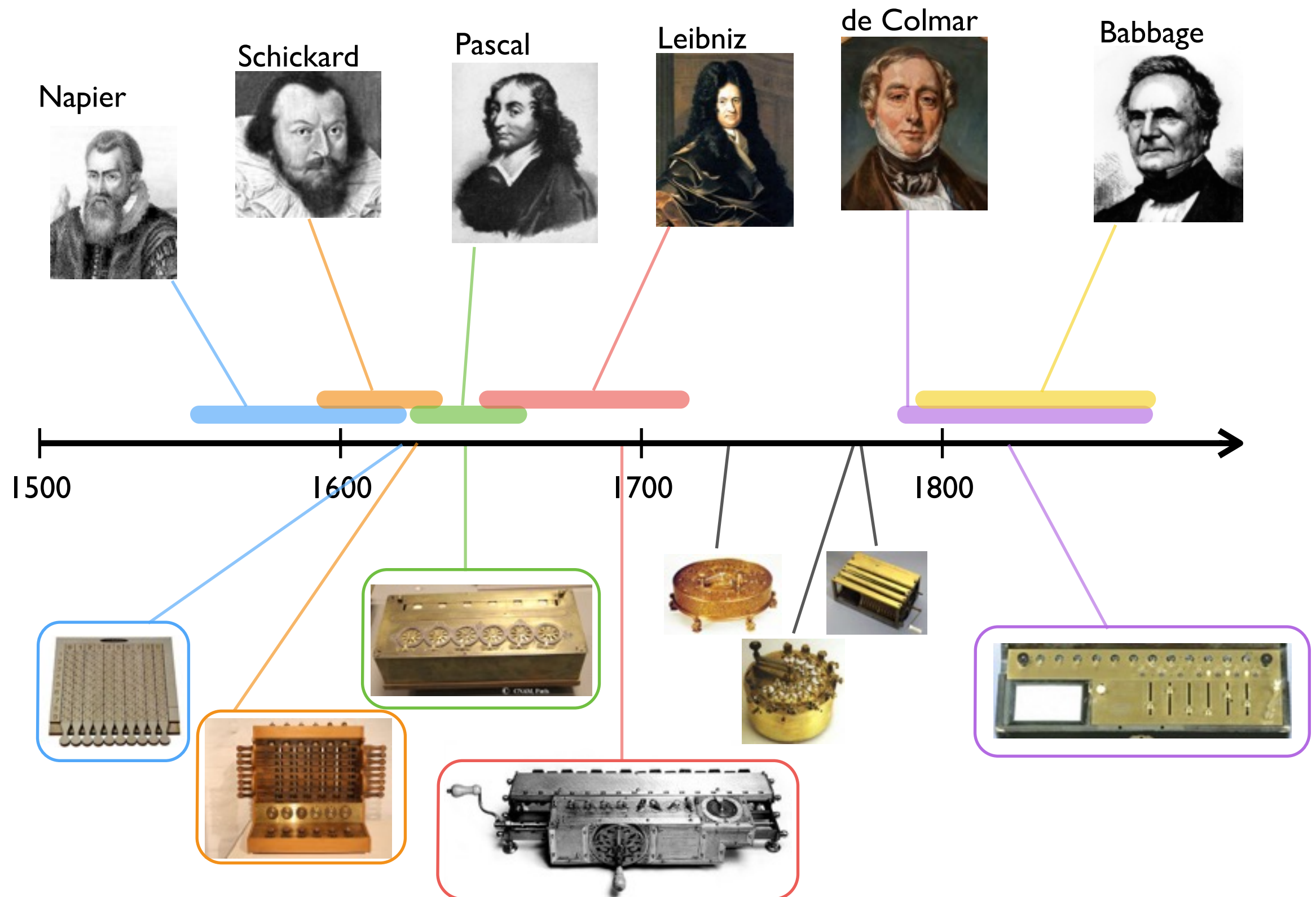
2015/16

Bartosz Klin

`klin@mimuw.edu.pl`

`http://www.mimuw.edu.pl/~klin/`

Oś czasu



Metoda różnicowa

- kolejne wartości wielomianu $p(x) = x^2 + 3x + 2$

n	0	1	2	3	4	5	6
$p(n)$	2	6	12	20	30	42	56
$d_1(n)$	4	6	8	10	12	14	16
$d_2(n)$	2	2	2	2	2	2	2

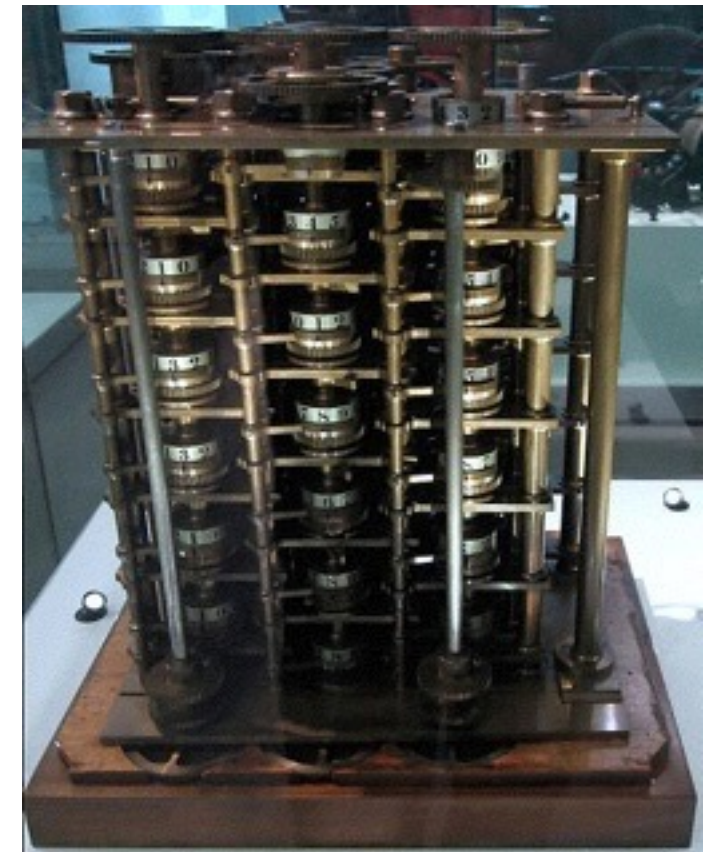
$$d_1(n) = p(n+1) - p(n)$$

$$d_2(n) = d_1(n+1) - d_1(n)$$

- serię wartości wielomianu można obliczyć korzystając tylko z dodawania
- inne funkcje można kawałkami aproksymować

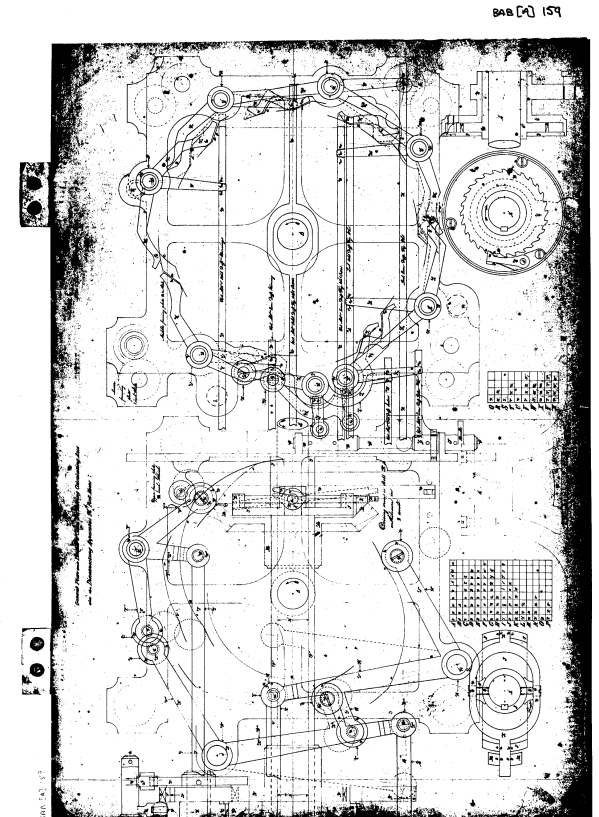
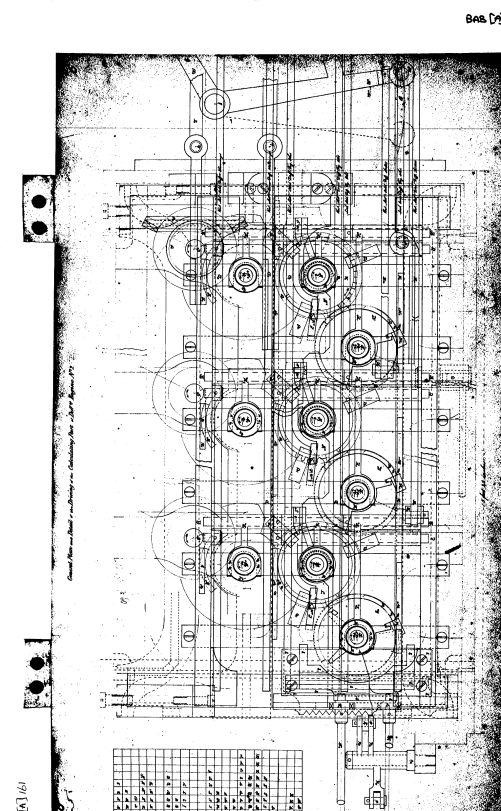
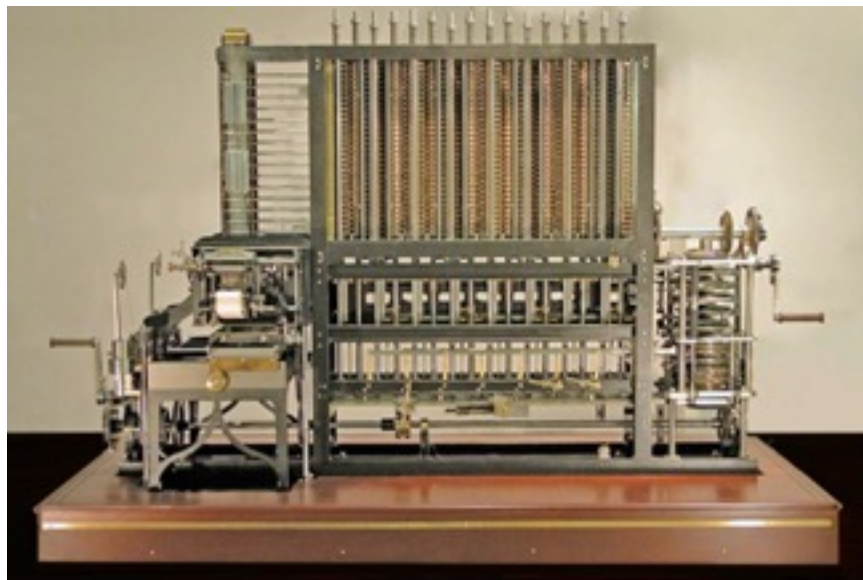
Difference Engine No 1 (maszyna różnicowa I)

- pomysł: maszyna licząca tablice matematyczne
- Babbage zrazu nie znał nawet maszyny Leibniza
- W 1822 zrobił prototyp
- Rząd przyznał 1500 funtów...
- ... potem dokładał ...
- w 1832: ok. 12.000 części
- konflikt Babbage'a z wykonawcami zatrzymał prace
- wynik: kawałek z 3 poziomami i 5 cyframi
- koszt: 17.000 funtów rządowych + 6.000 Babbage'a



Difference Engine No 2 (maszyna różnicowa 2)

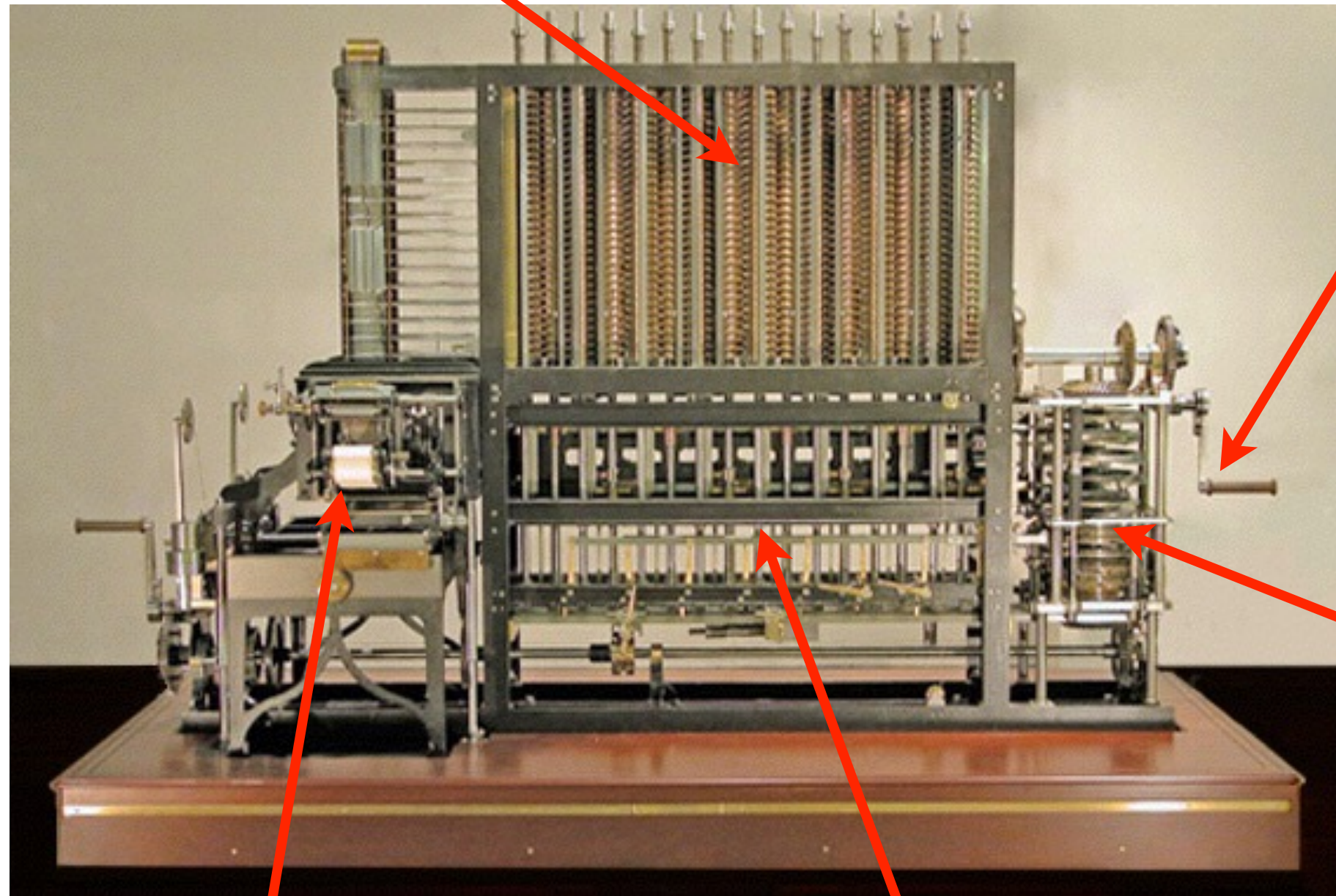
- od 1834 r. Babbage zajął się czymś ambitniejszym
- ale w 1847 r. wrócił do pomysłu
- ulepszył i uprościł projekt
- rząd odmówił finansowania



- maszynę skonstruowano w latach 1989-2000 z rysunków Babbage'a, starą technologią
- stoi i działa do dziś w Science Museum w Londynie

Ogólna struktura DE2

8 kolumn, 3 l cyfr każda



korba
główna

krzywki
napędowe

drukarka

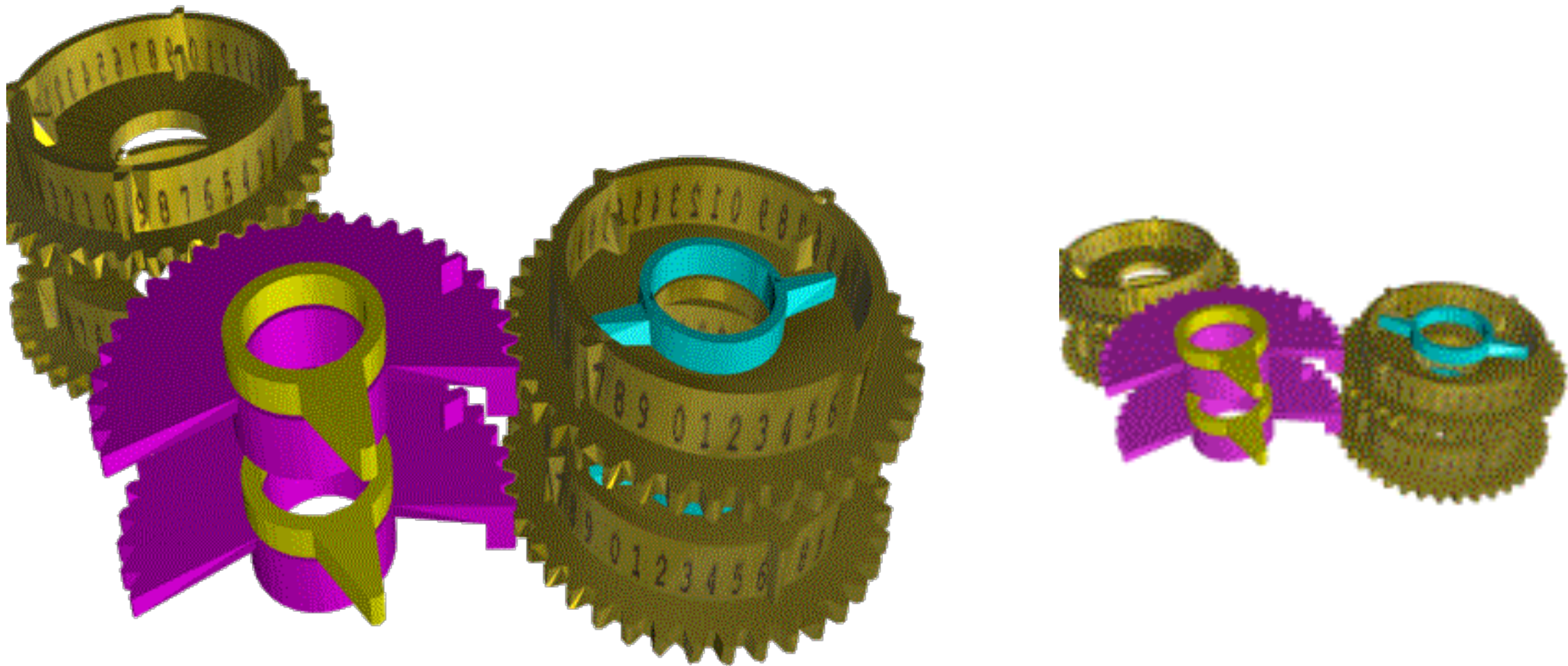
przekładnie

Pojedyncza cyfra



- 40 zębów (4 kopie cyfr)
- dzięki temu koła mogą się wolniej obracać
- 4 zęby w środku też służą do obracania koła
- 4 zęby na zewnątrz wykrywają przeniesienie

Dodawanie pojedynczych cyfr



- dwa cykle:
 1. dodaj kolumny parzyste do nieparzystych
 2. a potem nieparzyste do parzystych
- niebieska oś napędza całość
- różowe półkola dodają cyfrę do kolejnej pozycji

Odzyskiwanie poprzedniej wartości

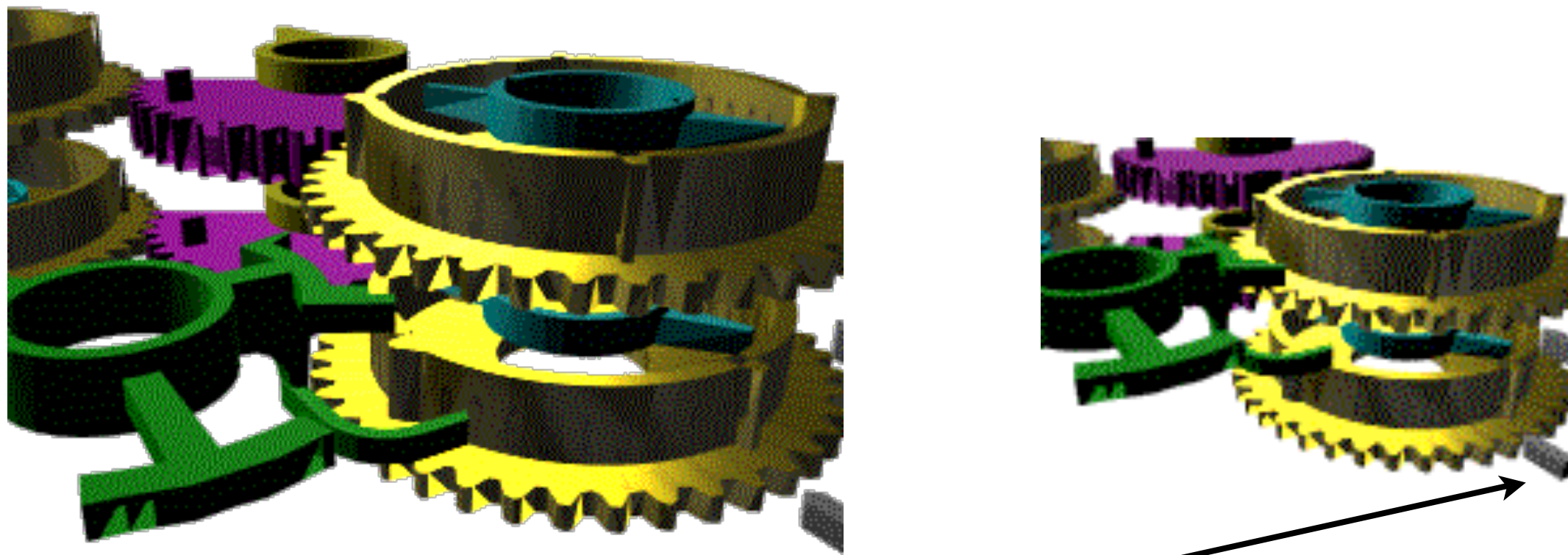
- problem: dodawana cyfra się obróciła
- ale jest zapamiętana: różowe koło obróciło się o tyle samo względem żółtego zęba!



- teraz żółta oś napędza koła,
- różowe półkola i niebieska oś powracają do pozycji spoczynkowej, a dodawane cyfry do pozycji poprzedniej

Wykrywanie przeniesienia

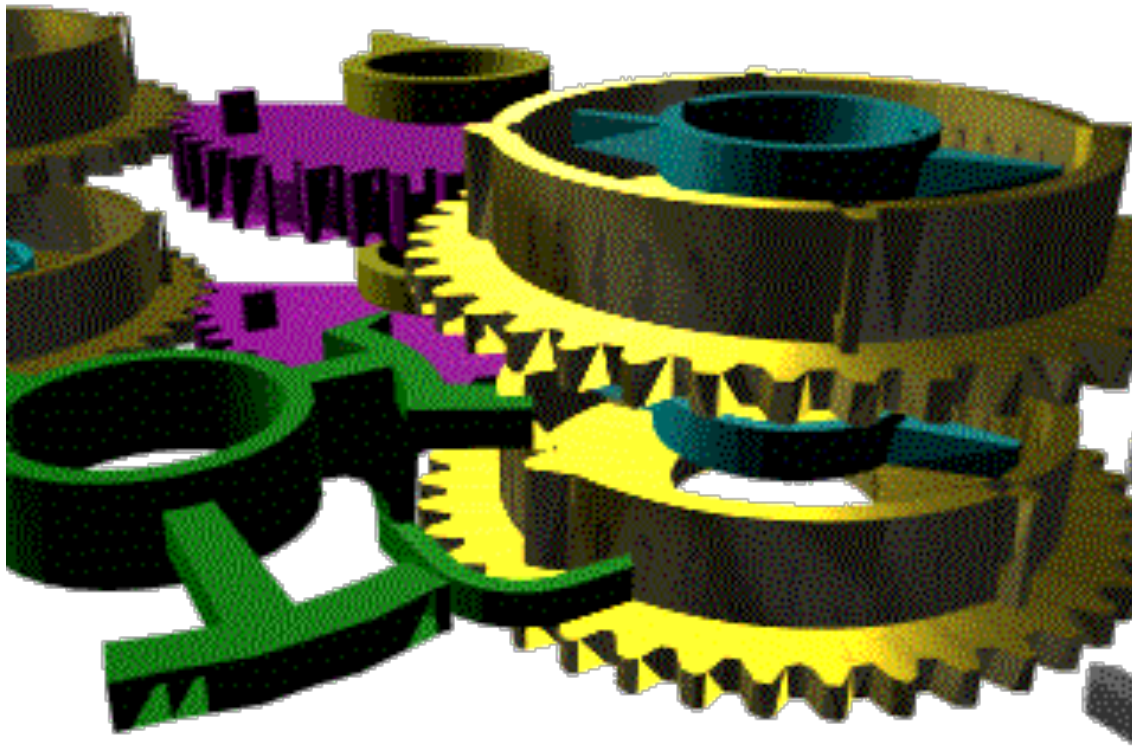
- faza dodawania cyfry pokazana od tyłu
- zewnętrzny ząb na kole cyfry
lekko obraca zieloną dźwignię



zamek - wymusza ustalenie kół w dobrej pozycji

Przeniesienie

- odbywa się w czasie, gdy dodawana cyfra jest odzyskiwana



- granatowa część zaczepia o obróconą zieloną dźwignię i obraca ją wraz kołem cyfry
- granatowe części są obrócone względem siebie, żeby zdążyć przeniesić dalej

DE2 w akcji - widok z przodu

film: <http://www.youtube.com/watch?v=Lcedn6fxgS0>

DE2 w akcji - widok z tyłu

film: <http://www.youtube.com/watch?v=lv2rCMqVW-tg>

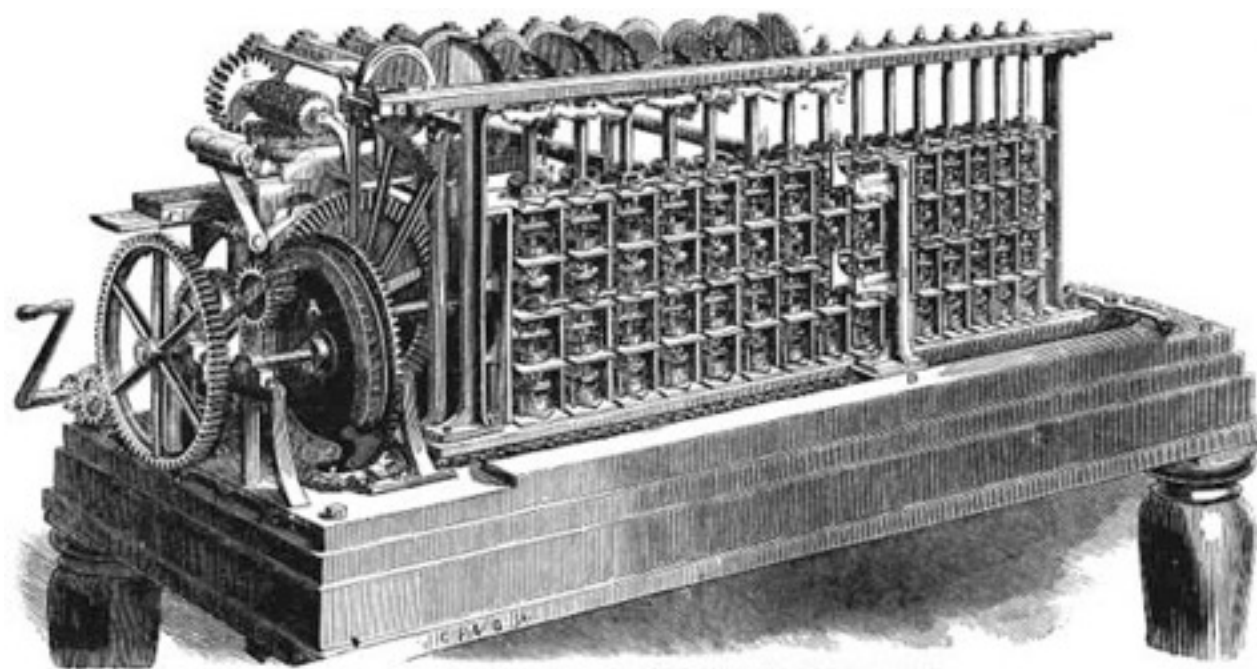
Scheutzwowie: ojciec i syn

- Per-Georg (1785-1873)
 - szwedzki prawnik, dziennikarz, tłumacz, wydawca, wynalazca
 - wydawał czasopisma i książki dla inżynierów
-
- Edvard (1821-1881)
 - inżynier
 - całe życie pracował z ojcem



Maszyna różnicowa Scheutów

- P.-G. Scheutz tłumaczył książkę Babbage'a
- zaciekał się (pierwszą) maszyną różnicową
- wraz z synem, uprościli projekt i zbudowali maszynę



1837-1853

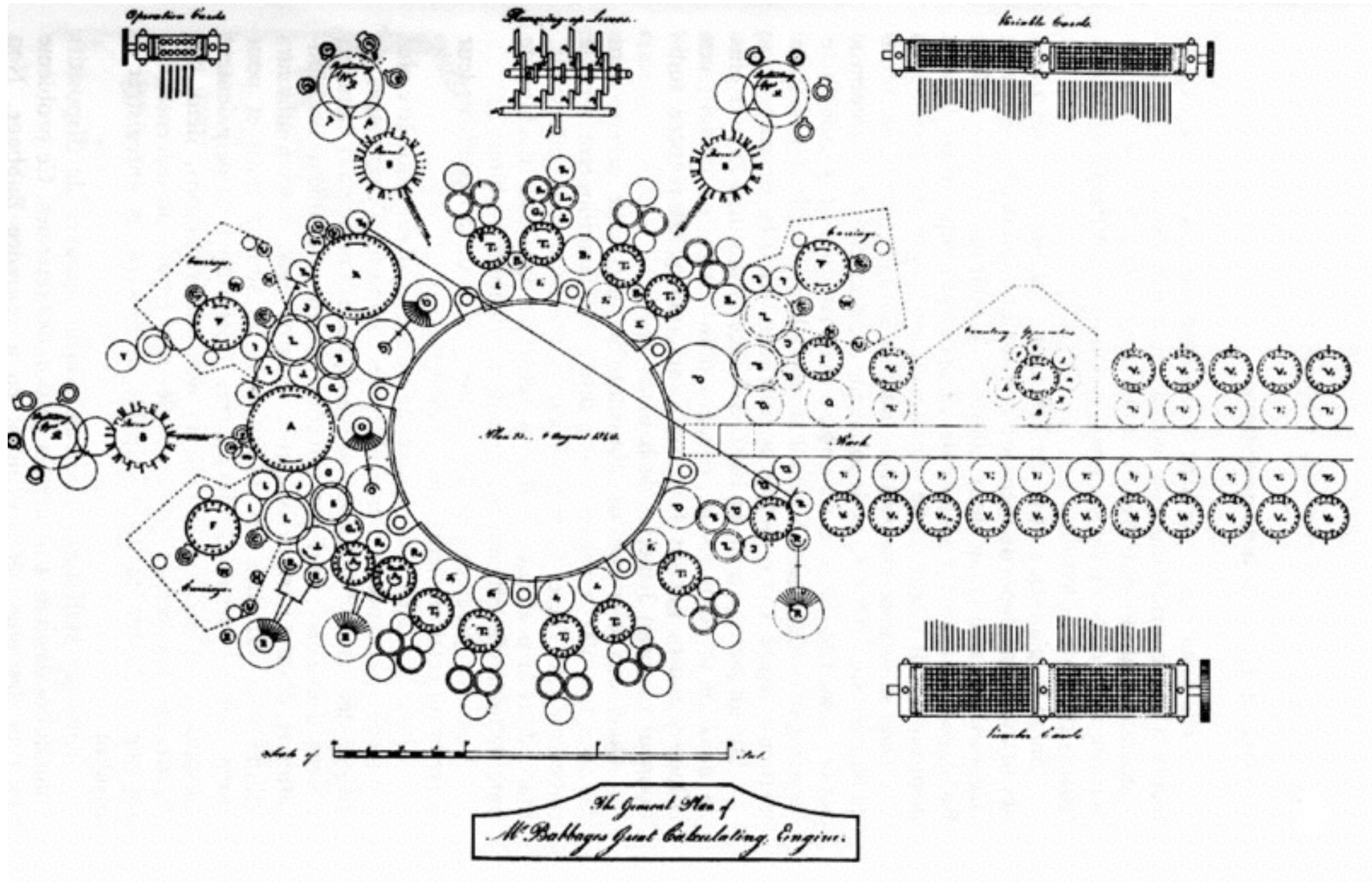
4 poziomy, 15 cyfr
drukarka

- złoty medal na Wystawie Światowej (1855, Paryż)
(dzięki mocnemu poparciu Babbage'a)
- powstały 2 egzemplarze

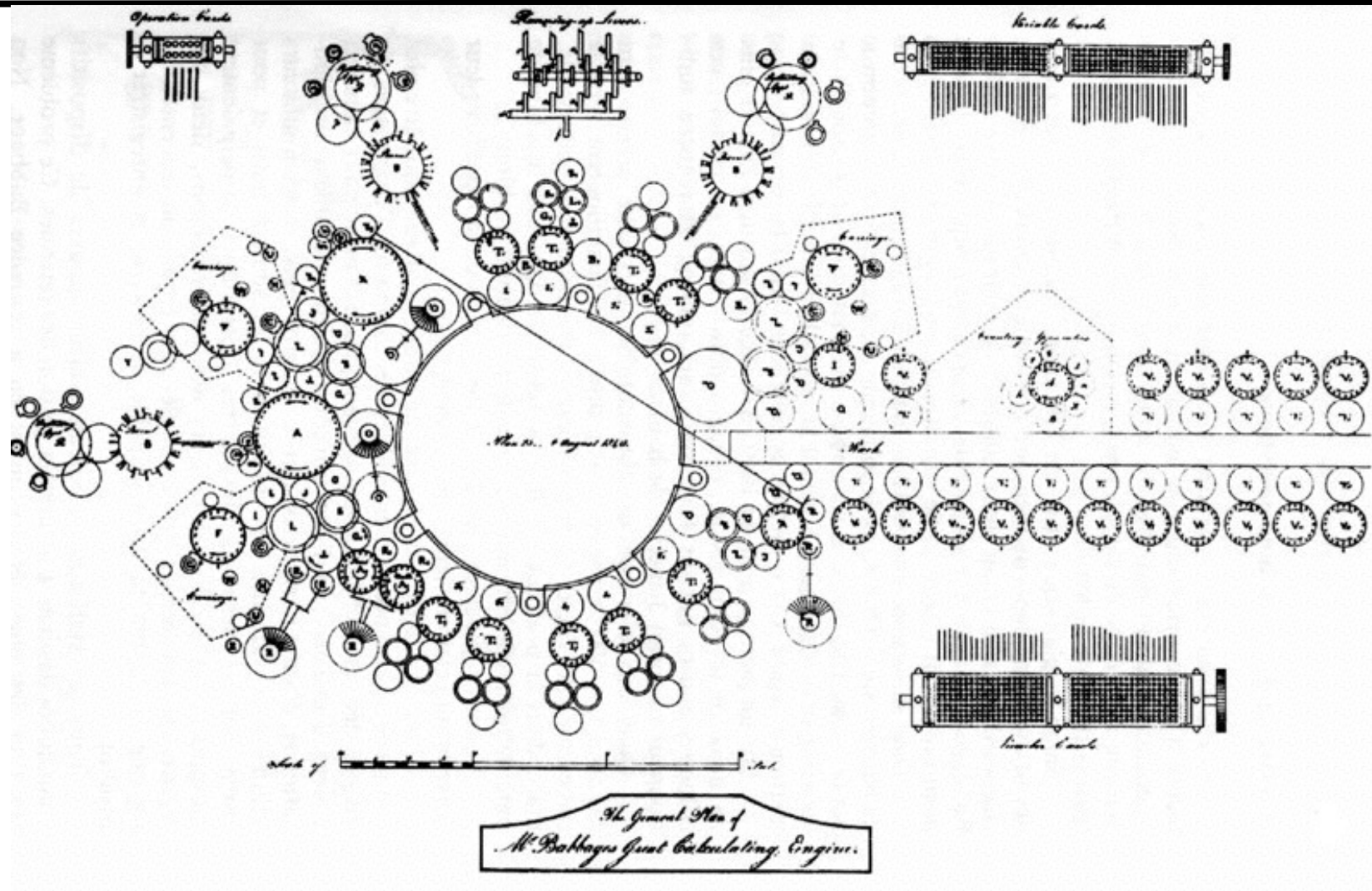
Maszyna analityczna (ang. *Analytical engine*)

- seria projektów Babbage'a od 1834 r.
- cel: obliczanie dowolnych rzeczy
- nigdy nie zbudowana
- co o niej wiemy:
 - ogólny opis Babbage'a z 1837 r.
 - Luigi Menabrea: opis z 1840 r. po serii seminariów Babbage'a w Turynie
 - Ada Lovelace: tłumaczenie Menabrei na angielski
 - ok. 300 arkuszy rysunków, ok. 700 diagramów, ok. 7000 stron notatek

Ogólna struktura



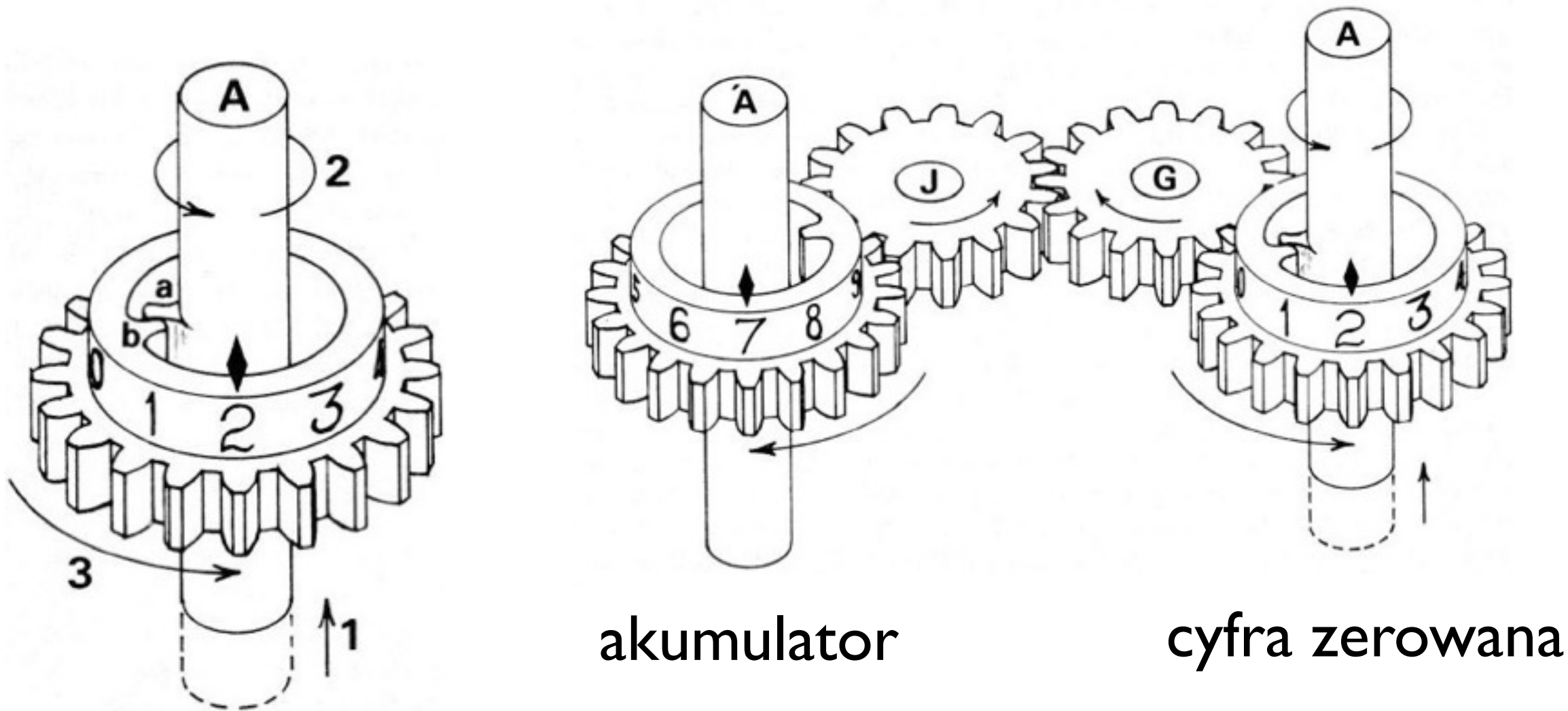
Ogólna struktura



- pamięć (*store*): 50 liczb po 40 cyfr
- procesor (*mill*): 4 operacje arytmetyczne
- wejście: karty perforowane (kilka rodzajów)
- wyjście: drukarka, mechanizm perforujący karty
- 5 m. wysokości, 6 m. długości, 2 m. głębokości

Pojedyncze cyfry

(rysunki z: A. G. Bromley, *Charles Babbage's Analytical Engine*, *Ann. Hist. Comp.* 4(3), 1982)



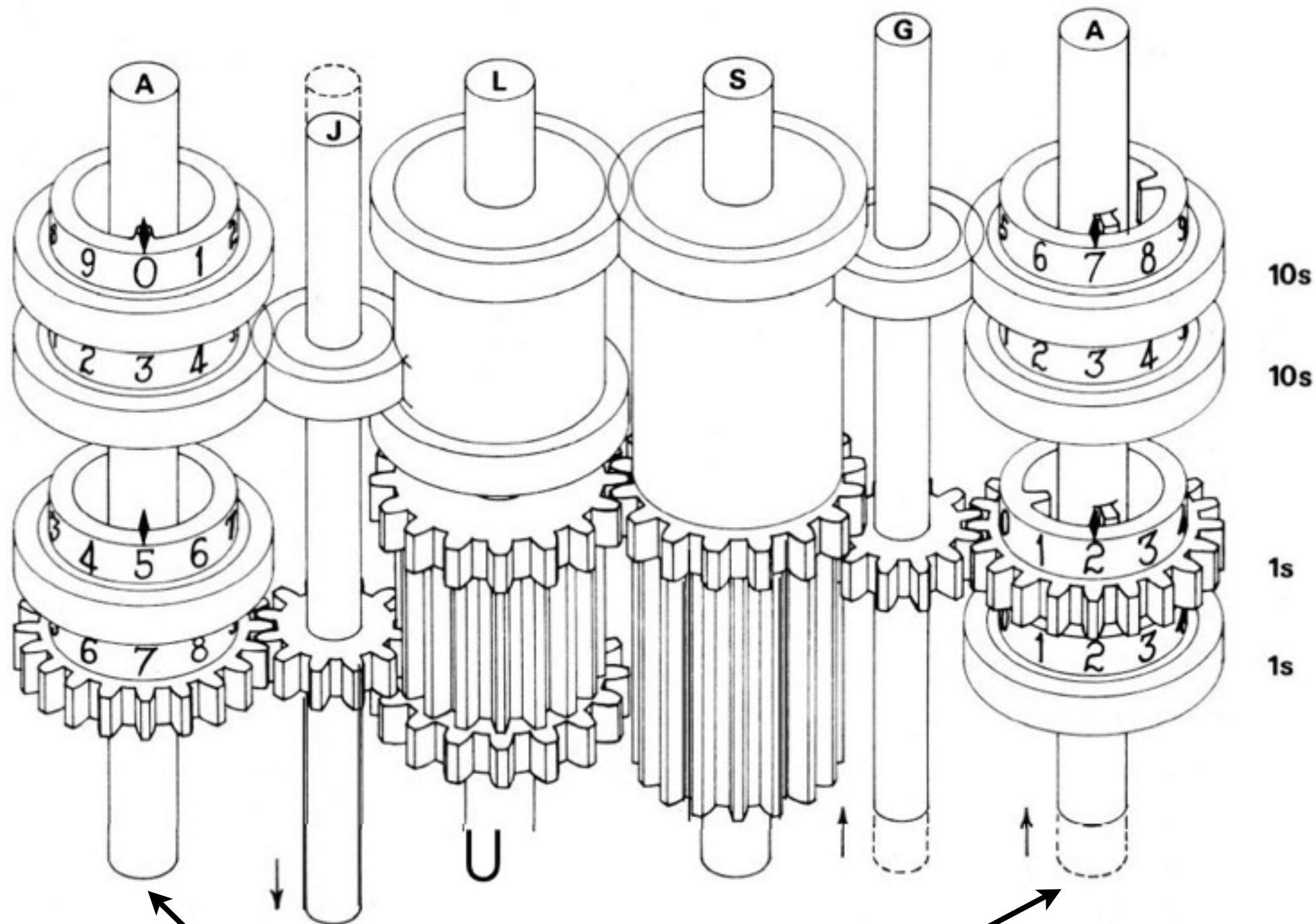
akumulator

cyfra zerowana

Każda cyfra to *dwa* koła jedno nad drugim.

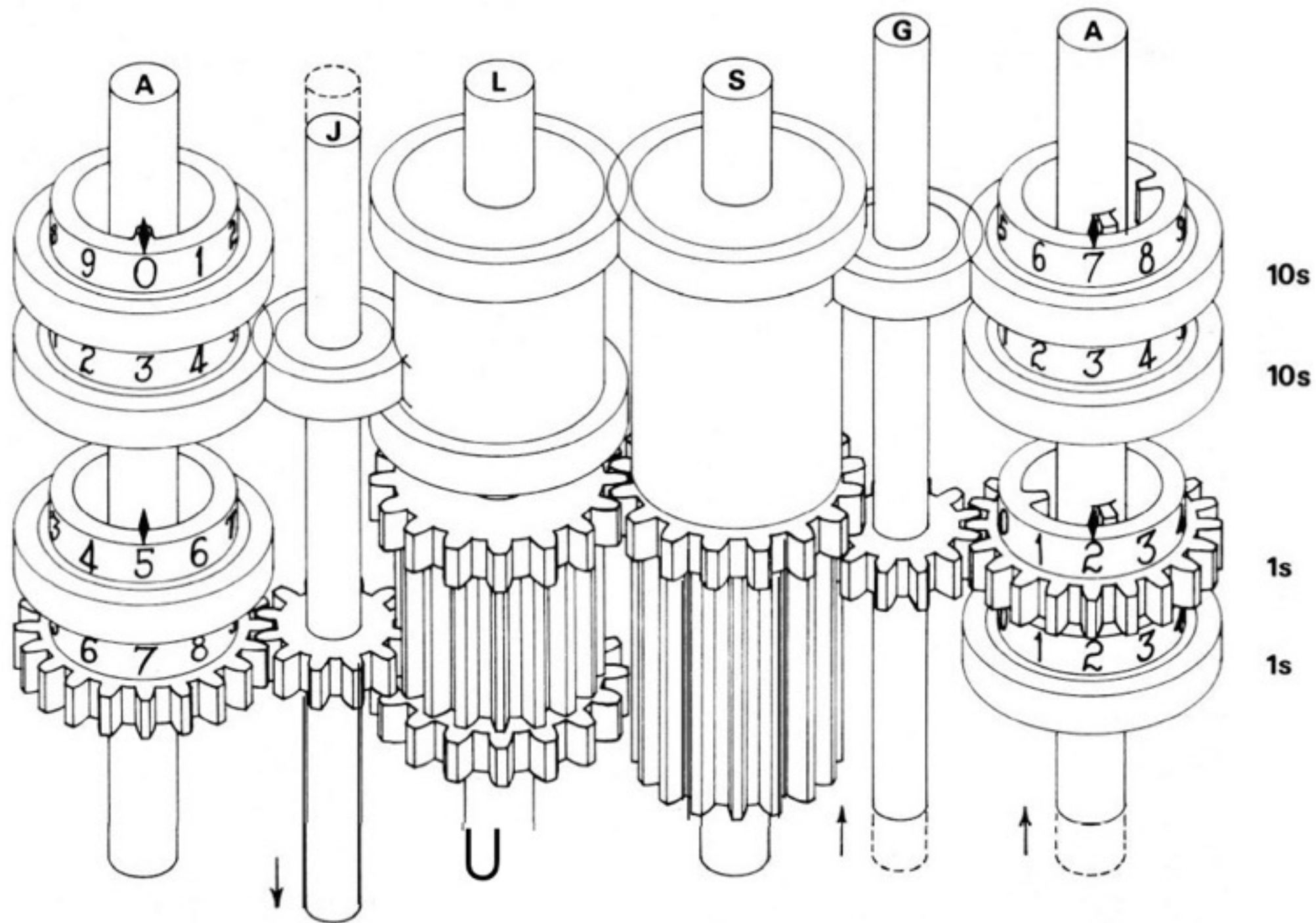
Drugie koło zapamiętuje na chwilę cyfrę zerowaną, żeby potem ją odzyskać.

Odzyskiwanie wyzerowanej cyfry...

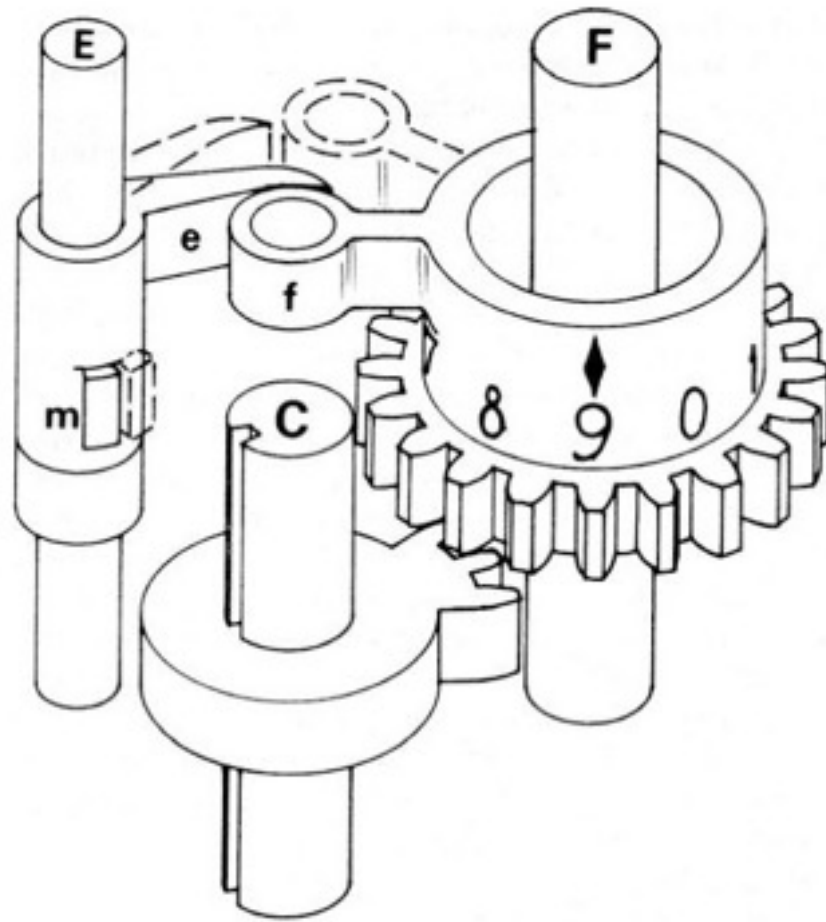


To ta sama oś!

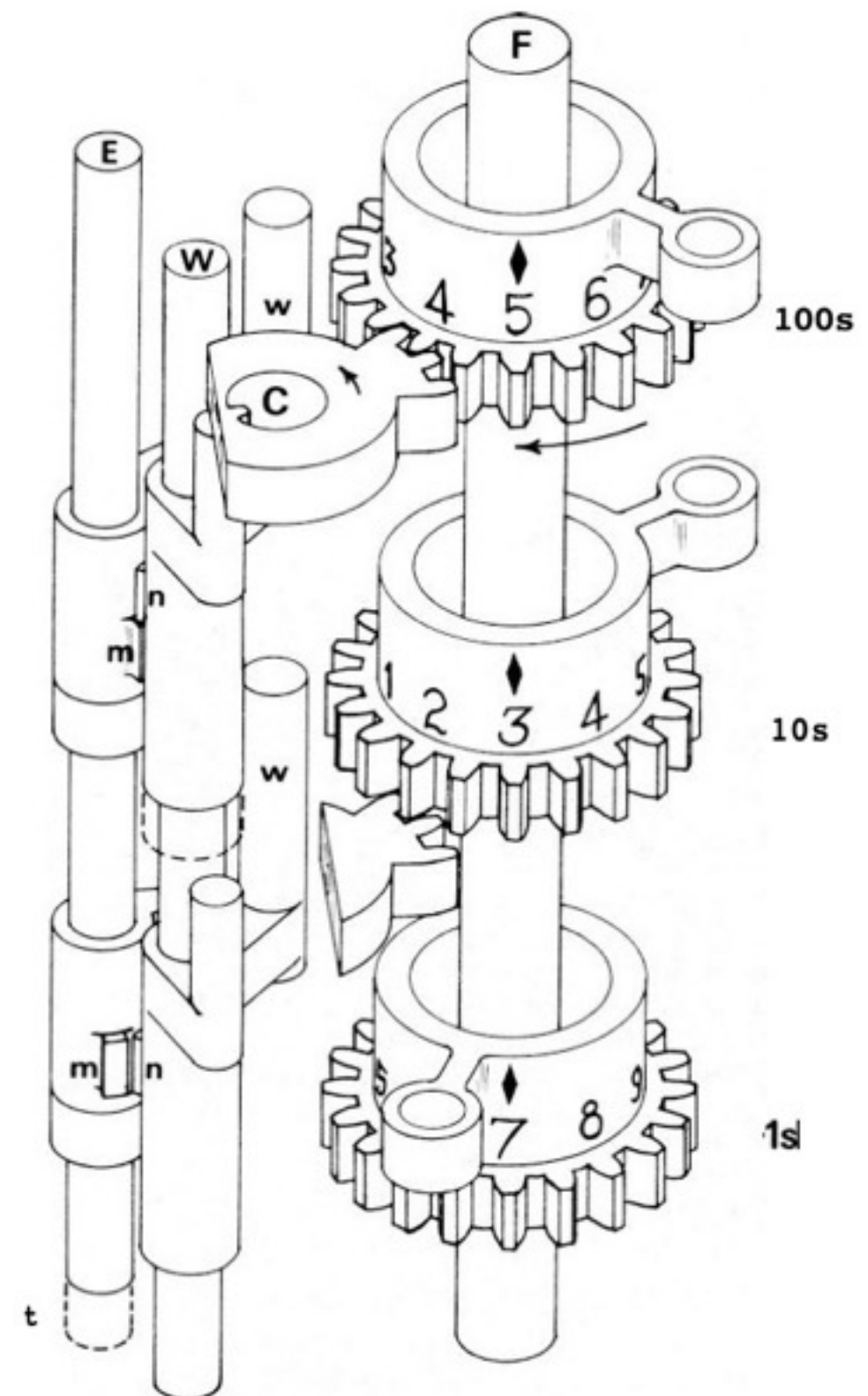
... i mnożenie/dzielenie przez 10



Przeniesienie o jedną pozycję...

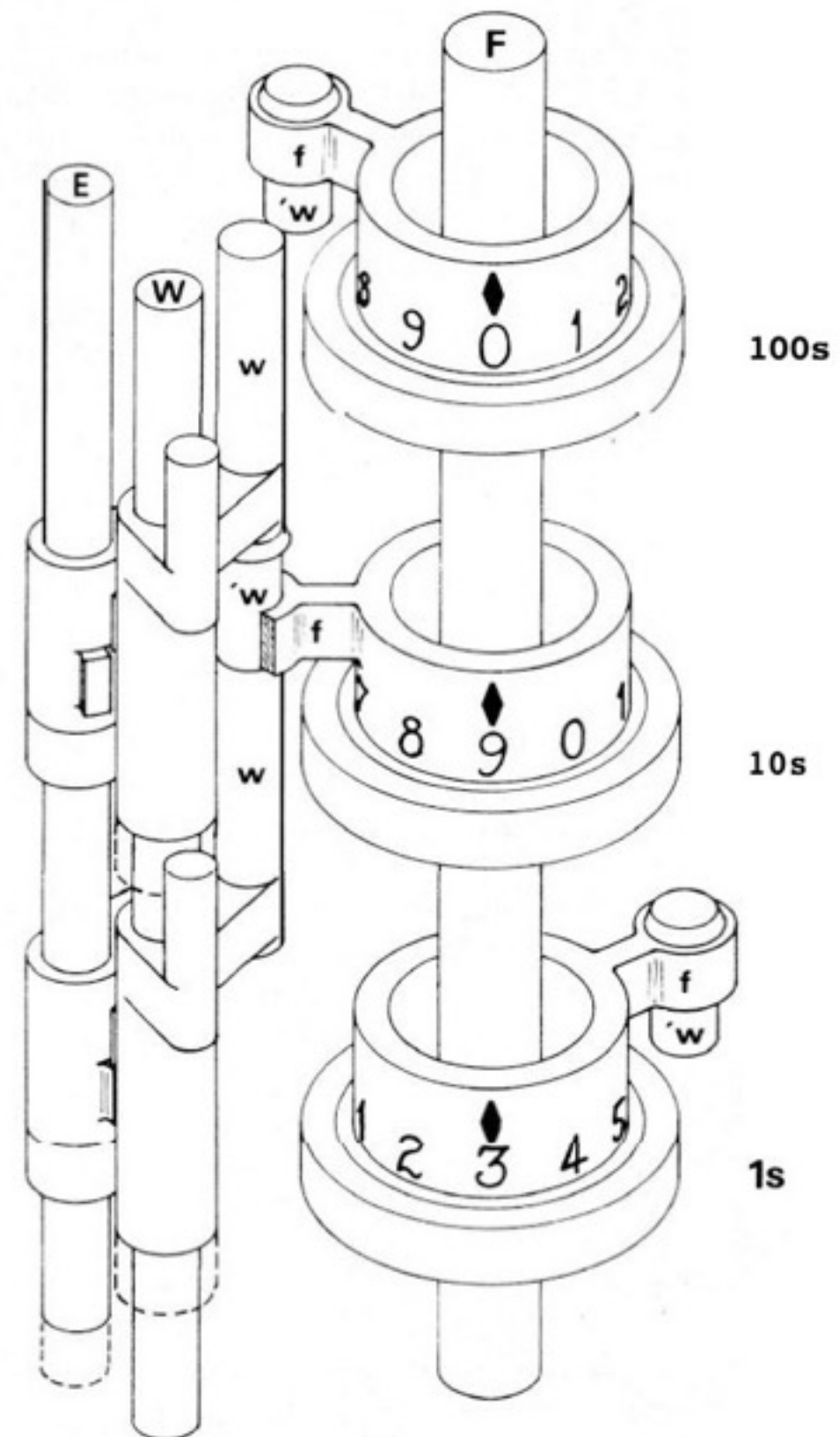


- f zaczeplia o e, obraca E
- przy obrocie W, n zaczeplia o m i podnosi C, które dodaje 1 do kolejnej pozycji



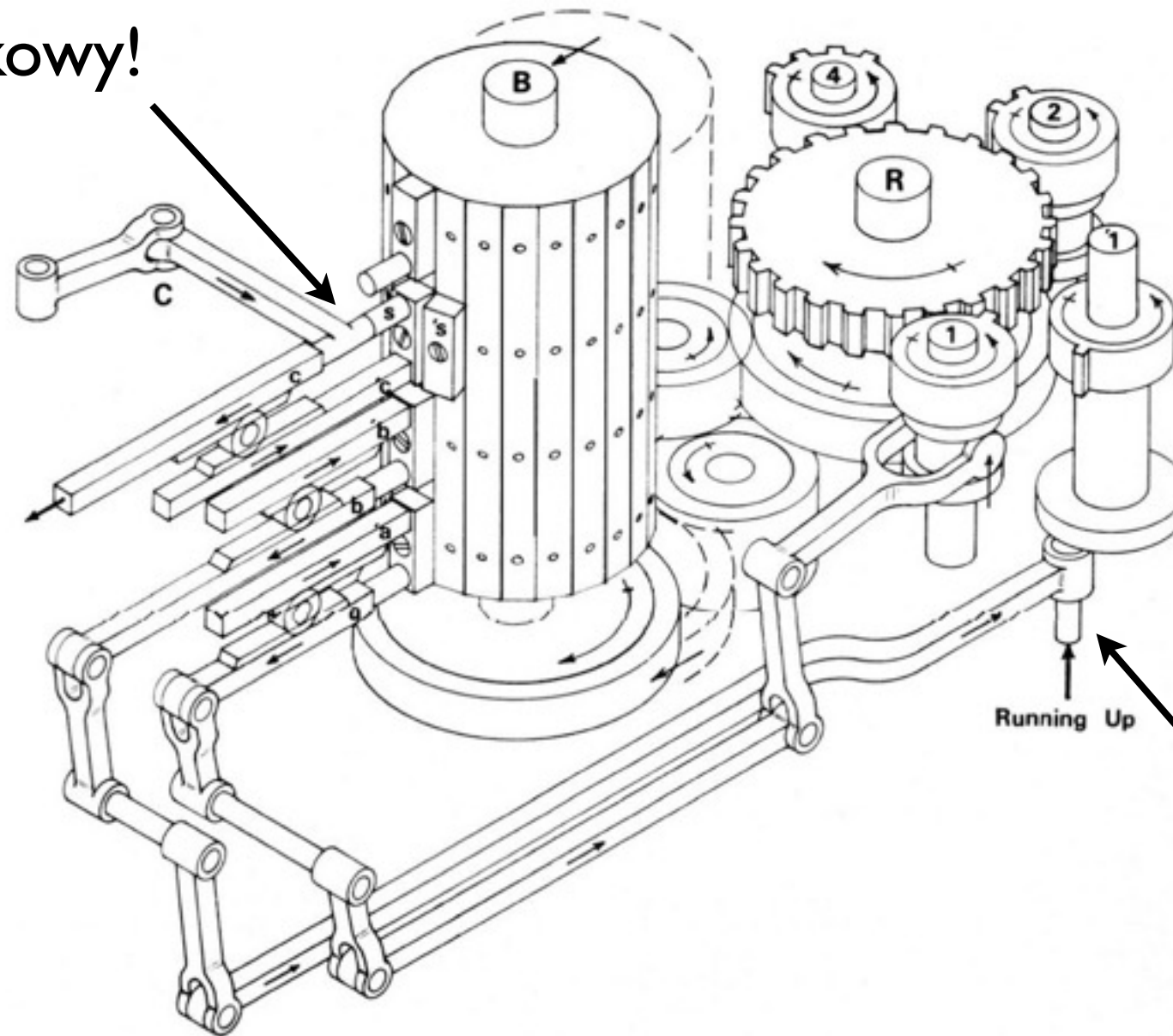
... i o wiele pozycji

- cyfra 9 oznacza, że przeniesienie z dołu trzeba przenieść dalej
- f ustawia się tak, że 'w staje się częścią długiego bolca w
- ten bolec podnosi wszystkie koła C z poprzedniego rysunku



Bęben (ang. *barrel*), czyli mikrokod

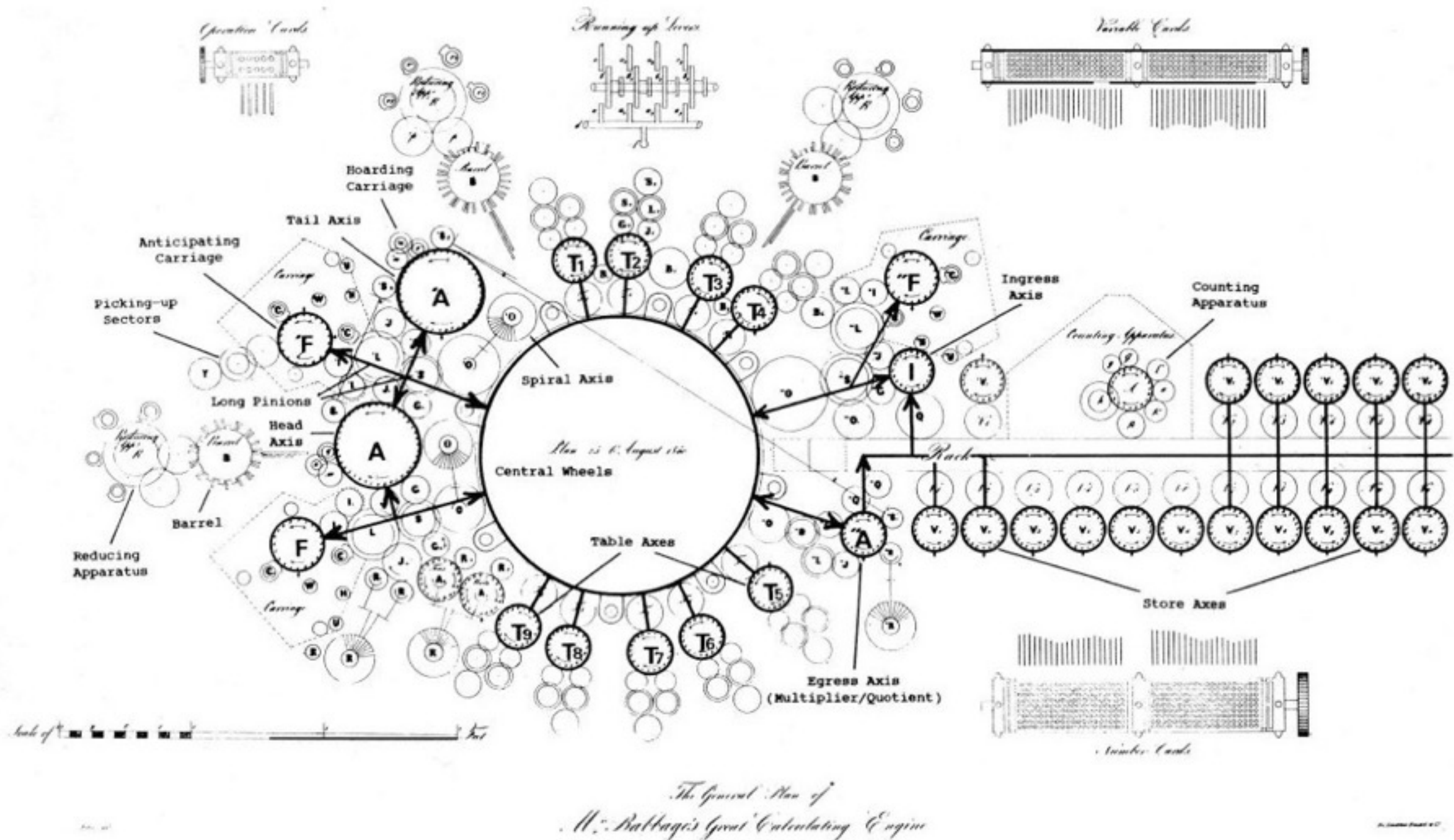
skok warunkowy!



skok warunkowy!

- wypustki decydują o tym, które części mechanizmu będą połączone z napędem
- np. części odpowiadające za obrót bębna

Przeptyw danych przy mnożeniu



Wejście

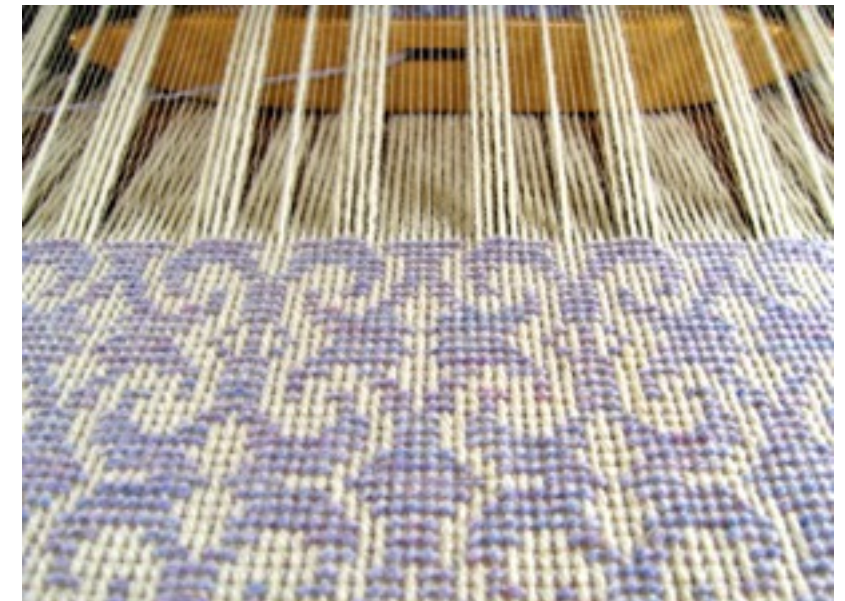
- ciągi kart perforowanych połączonych taśmami:
 - dla stałych (liczb),
 - dla zmiennych (numerów komórek pamięci),
 - dla operacji i skoków



- dokładny zestaw instrukcji nie jest znany
- nie było adresowania pośredniego (tablic)

Krosna Jacquarda

- tkanie na krosnach:
 - nici osnowy w górze lub w dole
 - czółenko ciągnie nić wątku
 - ustawiając osnowę tworzymy wzór
- Joseph Jacquard (1752-1834)
 - wynalazł krosno mechaniczne
 - nici osnowy odpowiadają pozycjom na karcie perforowanej
 - jest dziura = bolec przechodzi =
= nić się podnosi



Ada Lovelace (1815-1852)

- córka lorda Byrona
- wykształcona matematycznie
- znajoma Babbage'a
- 1843: angielskie tłumaczenie pracy L. Menabrei o maszynie C.B., z obszernymi uzupełnieniami tłumacza
- w tym przykłady programów na maszynę analityczną



Supposing, for instance, that the fundamental relations of pitched sounds [...] we susceptible of such expression and adaptations, the engine might compose elaborate and scientific pieces of music of any degree of complexity or extent.

Programowanie maszyny analitycznej

Rozwiązanie układu równań:
$$\begin{cases} mx + ny = d \\ m'x + n'y = d' \end{cases}$$

Number of the operations	Operation-cards	Cards of the variables		Progress of the operations
	Symbols indicating the nature of the operations	Columns on which operations are to be performed	Columns which receive results of operations	
1	$\times$	$V_2 \times V_4 =$	$V_8 \dots\dots\dots$	$= dn'$
2	$\times$	$V_5 \times V_1 =$	$V_9 \dots\dots\dots$	$= d'n$
3	$\times$	$V_4 \times V_0 =$	$V_{10} \dots\dots\dots$	$= n'm$
4	$\times$	$V_1 \times V_3 =$	$V_{11} \dots\dots\dots$	$= nm'$
5	$-$	$V_8 - V_9 =$	$V_{12} \dots\dots\dots$	$= dn' - d'n$
6	$-$	$V_{10} - V_{11} =$	$V_{13} \dots\dots\dots$	$= n'm - nm'$
7	$\div$	$\frac{V_{12}}{V_{13}} =$	$V_{14} \dots\dots\dots$	$= x = \frac{dn' - d'n}{n'm - nm'}$

Liczby Bernoulliego

Formula: $\frac{1}{2} \binom{2n}{1} B_1 + \frac{1}{4} \binom{2n}{3} B_3 + \frac{1}{6} \binom{2n}{5} B_5 + \cdots + B_{2n-1} = \frac{2n-1}{4n+2}$

$\times$	${}^1V_2 \times {}^1V_3$	${}^1V_4, {}^1V_5, {}^1V_6$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_2 = \\ {}^1V_3 = \end{array} \right.$	$= {}^1V_2$	$= 2n$	.....	.....	2	n	2n	2n	2n					
-	${}^1V_4 - {}^1V_1$	2V_4	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_4 = \\ {}^1V_1 = \end{array} \right.$	$= {}^2V_4$	$= 2n - 1$	.....	1	.....	.....	$2n - 1$							
+	${}^1V_5 + {}^1V_1$	2V_5	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_5 = \\ {}^1V_1 = \end{array} \right.$	$= {}^2V_5$	$= 2n + 1$	.....	1	.....	.....		$2n + 1$						
$\div$	${}^2V_5 \div {}^2V_4$	${}^1V_{11}$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^2V_5 = \\ {}^2V_4 = \end{array} \right.$	$= {}^0V_5$	$= \frac{2n-1}{2n+1}$	.....		.....	.....	0	0	.....	.....	.....	.....	.....	$\frac{2n-1}{2n+1}$
$\div$	${}^1V_{11} \div {}^1V_2$	${}^2V_{11}$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_{11} = \\ {}^1V_2 = \end{array} \right.$	$= {}^2V_{11}$	$= \frac{1}{2} \cdot \frac{2n-1}{2n+1}$	.....		2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	$\frac{1}{2} \cdot \frac{2n-1}{2n+1}$
-	${}^0V_{13} - {}^2V_{11}$	${}^1V_{13}$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^2V_{11} = \\ {}^0V_{13} = \end{array} \right.$	$= {}^0V_{11}$	$= -\frac{1}{2} \cdot \frac{2n-1}{2n+1} = A_0$	.....		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0
-	${}^1V_3 - {}^1V_1$	${}^1V_{10}$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_3 = \\ {}^1V_1 = \end{array} \right.$	$= {}^1V_3$	$= n - 1 (= 3)$	.....	1	.....	n	.....	.....	.....	.....	.....	.....	$n - 1$	

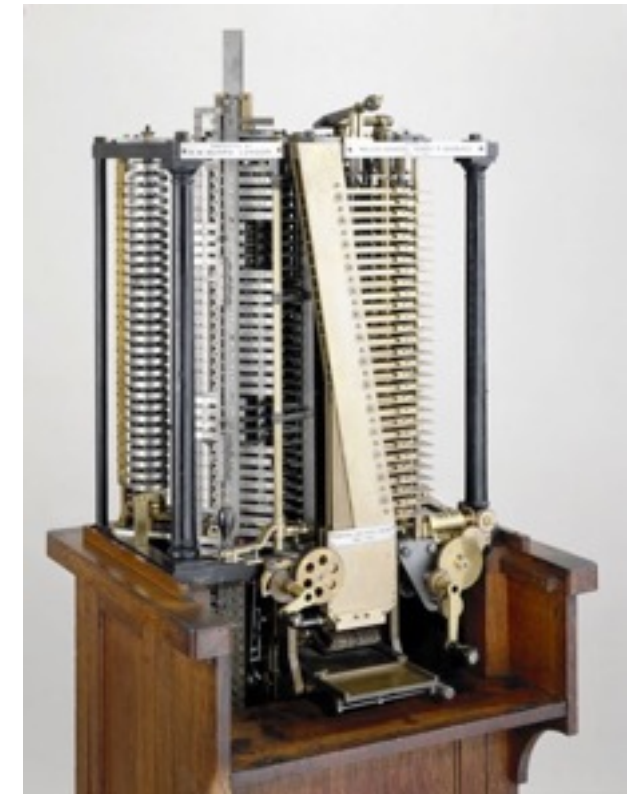
+	${}^1V_2 + {}^0V_7$	1V_7	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_2 = \\ {}^0V_7 = \end{array} \right.$	$= {}^1V_2$	$= 2 + 0 = 2$	.....		2	.....	.....	.....	.....	2				
$\div$	${}^1V_6 \div {}^1V_7$	${}^3V_{11}$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_6 = \\ {}^0V_{11} = \end{array} \right.$	$= {}^1V_6$	$= \frac{2n}{2} = A_1$	.....		.....	.....	.....	$2n$	2	.....	.....	.....		$\frac{2n}{2} = A_1$
$\times$	${}^1V_{21} \times {}^3V_{11}$	${}^1V_{12}$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_{21} = \\ {}^3V_{11} = \end{array} \right.$	$= {}^1V_{21}$	$= B_1 \cdot \frac{2n}{2} = B_1A_1$	.....		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....		$\frac{2n}{2} = A_1$
+	${}^1V_{12} + {}^1V_{13}$	${}^2V_{13}$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_{12} = \\ {}^1V_{13} = \end{array} \right.$	$= {}^0V_{12}$	$= -\frac{1}{2} \cdot \frac{2n-1}{2n+1} + B_1 \cdot \frac{2n}{2}$	.....		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
-	${}^1V_{10} - {}^1V_1$	${}^2V_{10}$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_{10} = \\ {}^1V_1 = \end{array} \right.$	$= {}^2V_{10}$	$= n - 2 (= 2)$	.....	1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	$n - 2$	

{

-	${}^1V_6 - {}^1V_1$	2V_6	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_6 = \\ {}^1V_1 = \end{array} \right.$	$= {}^2V_6$	$= 2n - 1$	.....	1	.....	.....	.....	$2n - 1$						
+	${}^1V_1 + {}^1V_7$	2V_7	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_1 = \\ {}^1V_7 = \end{array} \right.$	$= {}^1V_1$	$= 2 + 1 = 3$	.....	1	.....	.....	.....	.....	3					
$\div$	${}^2V_6 \div {}^2V_7$	1V_8	$\left\{ \begin{array}{l} {}^2V_6 = \\ {}^2V_7 = \end{array} \right.$	$= {}^2V_6$	$= \frac{2n-1}{3}$	.....		.....	.....	.....	$2n - 1$	3	$\frac{2n-1}{3}$				
$\times$	${}^1V_8 \times {}^3V_{11}$	${}^4V_{11}$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_8 = \\ {}^3V_{11} = \end{array} \right.$	$= {}^0V_8$	$= \frac{2n}{2} \cdot \frac{2n-1}{3}$	.....		.....	.....	.....	.....	.....	0				$\frac{2n}{2} \cdot \frac{2n-1}{3}$
-	${}^2V_6 - {}^1V_1$	3V_6	$\left\{ \begin{array}{l} {}^2V_6 = \\ {}^1V_1 = \end{array} \right.$	$= {}^3V_6$	$= 2n - 2$	.....	1	.....	.....	.....	$2n - 2$						
+	${}^1V_1 + {}^2V_7$	3V_7	$\left\{ \begin{array}{l} {}^2V_7 = \\ {}^1V_1 = \end{array} \right.$	$= {}^3V_7$	$= 3 + 1 = 4$	.....	1	.....	.....	.....	.....	4					
$\div$	${}^3V_6 \div {}^3V_7$	1V_9	$\left\{ \begin{array}{l} {}^3V_6 = \\ {}^3V_7 = \end{array} \right.$	$= {}^3V_6$	$= \frac{2n-2}{4}$	.....		.....	.....	.....	$2n - 2$	4	.....	$\frac{2n-2}{4}$	.....		
$\times$	${}^1V_9 \times {}^4V_{11}$	${}^5V_{11}$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_9 = \\ {}^4V_{11} = \end{array} \right.$	$= {}^0V_9$	$= \frac{2n}{2} \cdot \frac{2n-1}{3} \cdot \frac{2n-2}{4} = A_3$	.....		.....	.....	.....	.....	.....	.....	0			$\left\{ \frac{2n}{2} \cdot \frac{2n-1}{3} \cdot \frac{2n-2}{4} \right\} = A_3$
$\times$	${}^1V_{22} \times {}^5V_{11}$	${}^0V_{12}$	$\left\{ \begin{array}{l} {}^1V_{22} = \\ {}^0V_{12} = \end{array} \right.$	$= {}^1V_{22}$	$= B_3 \cdot \frac{2n}{2} \cdot \frac{2n-1}{3} \cdot \frac{2n-2}{4} = B_3A_3$	.....		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0

Podsumowanie

- Maszyna nie powstała do dziś
- H. Babbage, 1910: fragment “młyna”
- pomysł był sławny, ale dokumenty projektu opublikowano dopiero w latach 60tych XX w.



As soon as an Analytical Engine exists, it will necessarily guide the future of science. Whenever any result is sought by its aid, the question will then arise - by what course of calculation can these results be arrived at by the machine in the shortest time?

Another age must be the judge