



Arhitectura sistemelor de calcul

- Prelegerea 1 -

Evoluția sistemelor de calcul

Ruxandra F. Olimid

Facultatea de Matematică și Informatică
Universitatea din București

Cuprins

1. Istoricul evolutiei calculatoarelor
2. Notiuni primare
 1. Sistemul binar
 2. Logica booleană
 3. Masina Turing
 4. Testul Turing
 5. Arhitectura von Neumann

Blaise Pascal (1623 – 1662)

- Matematician, fizician, inventator, filozof francez
- În 1642 inventează *Pascaline*, un calculator mecanic care poate să adune și să scadă 2 numere
- Limbajul de programare Pascal îi poartă numele



[Wikipedia]



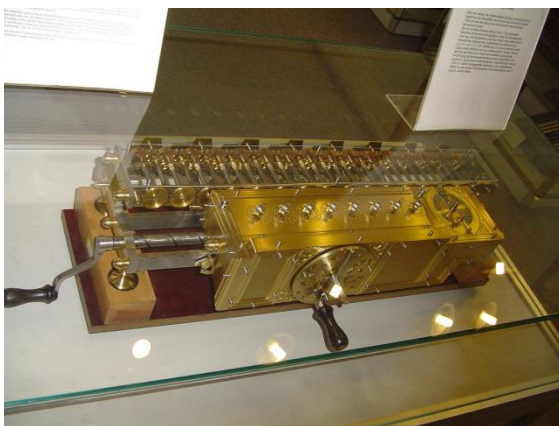
[Wikipedia]

Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646 - 1716)

- Matematician, filozof german
- A introdus forma actuală a *sistemului binar* [\[info\]](#), care folosește simbolurile 0 și 1

<http://www.leibniz-translations.com/binary.htm>

- Inventează prima masină mecanică de calcul care poate realiza toate cele 4 operații (adunare, scădere, înmulțire, împărțire)



[Wikipedia]



[Wikipedia]

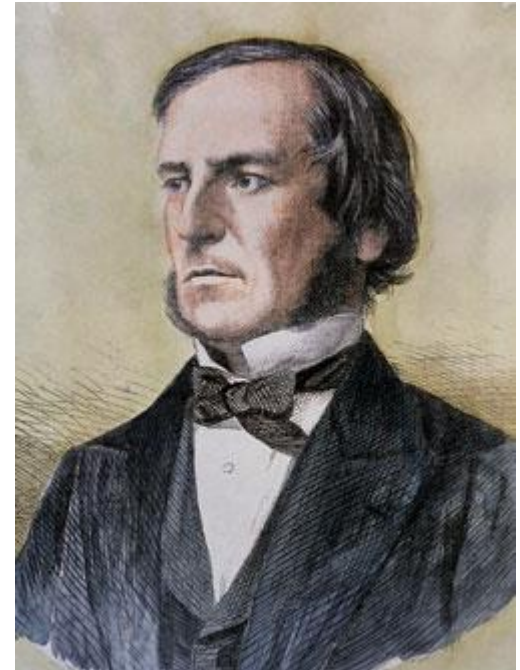
George Boole (1815 – 1864)

➤ Mathematician, filozof, logician englez

➤ A introdus *logica booleană* [\[info\]](#),

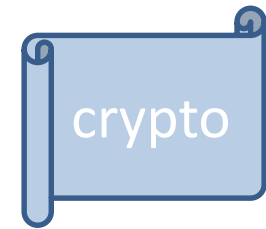
[The Mathematical Analysis of Logic (1847)]

[An Investigation of the Laws of Thought (1854)]



[Wikipedia]

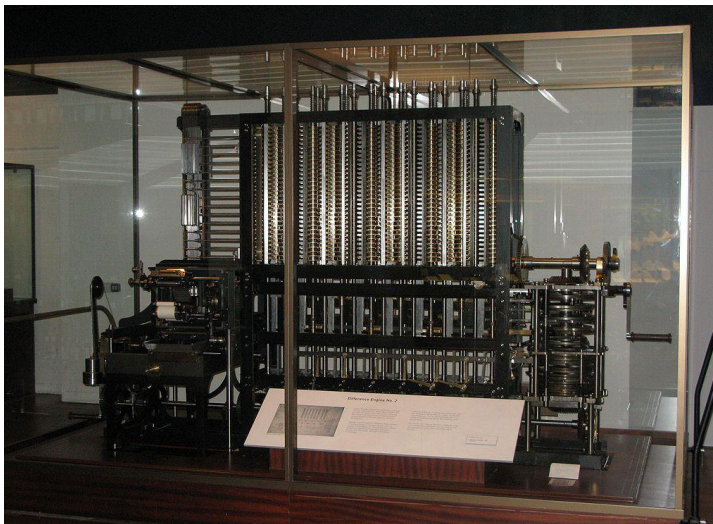
Charles Babbage (1791 - 1871)



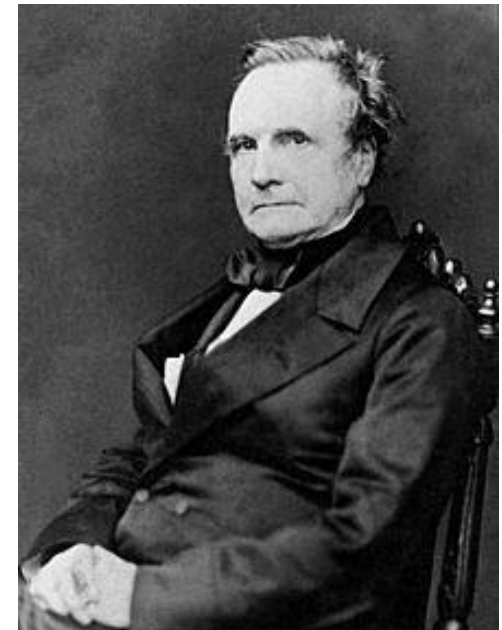
- Matematician, filozof, inventator englez
- Proiectează (teoretic) *Mașina diferențială nr. 2* (*The analytical engine no.2*), prima mașină de calcul care permite programarea

[The Code Book, Simon Singh]

[Babbage (2008) – 15”]



[Wikipedia]



[Wikipedia]

Ada Lovelace (1815 - 1852)

- Scribe *primul algoritm*, pentru The analytical engine
[care calculeaza numerele Bernoulli]
- Este considerată primul programator!

Diagram for the computation by the Engine of the Numbers of Bernoulli. See Note G. (page 725 of sup.)

| Order of Operation | Variable used | Variable receiving result | Indication of change to the value of any Variable | Statement of Result | Done | Working Variables | Result Variables |
|--------------------|---------------|---------------------------|---|---------------------|------|-------------------|------------------|
| | | | | | | | |
| 1 | $x_1 = 1$ | x_1 | | $x_1 = 1$ | | | |
| 2 | $x_2 = 1$ | x_2 | | $x_2 = 1$ | | | |
| 3 | $x_3 = 1$ | x_3 | | $x_3 = 1$ | | | |
| 4 | $x_4 = 1$ | x_4 | | $x_4 = 1$ | | | |
| 5 | $x_5 = 1$ | x_5 | | $x_5 = 1$ | | | |
| 6 | $x_6 = 1$ | x_6 | | $x_6 = 1$ | | | |
| 7 | $x_7 = 1$ | x_7 | | $x_7 = 1$ | | | |
| 8 | $x_8 = 1$ | x_8 | | $x_8 = 1$ | | | |
| 9 | $x_9 = 1$ | x_9 | | $x_9 = 1$ | | | |
| 10 | $x_{10} = 1$ | x_{10} | | $x_{10} = 1$ | | | |
| 11 | $x_{11} = 1$ | x_{11} | | $x_{11} = 1$ | | | |
| 12 | $x_{12} = 1$ | x_{12} | | $x_{12} = 1$ | | | |
| 13 | $x_{13} = 1$ | x_{13} | | $x_{13} = 1$ | | | |
| 14 | $x_{14} = 1$ | x_{14} | | $x_{14} = 1$ | | | |
| 15 | $x_{15} = 1$ | x_{15} | | $x_{15} = 1$ | | | |
| 16 | $x_{16} = 1$ | x_{16} | | $x_{16} = 1$ | | | |
| 17 | $x_{17} = 1$ | x_{17} | | $x_{17} = 1$ | | | |
| 18 | $x_{18} = 1$ | x_{18} | | $x_{18} = 1$ | | | |
| 19 | $x_{19} = 1$ | x_{19} | | $x_{19} = 1$ | | | |
| 20 | $x_{20} = 1$ | x_{20} | | $x_{20} = 1$ | | | |
| 21 | $x_{21} = 1$ | x_{21} | | $x_{21} = 1$ | | | |
| 22 | $x_{22} = 1$ | x_{22} | | $x_{22} = 1$ | | | |
| 23 | $x_{23} = 1$ | x_{23} | | $x_{23} = 1$ | | | |
| 24 | $x_{24} = 1$ | x_{24} | | $x_{24} = 1$ | | | |
| 25 | $x_{25} = 1$ | x_{25} | | $x_{25} = 1$ | | | |
| 26 | $x_{26} = 1$ | x_{26} | | $x_{26} = 1$ | | | |
| 27 | $x_{27} = 1$ | x_{27} | | $x_{27} = 1$ | | | |
| 28 | $x_{28} = 1$ | x_{28} | | $x_{28} = 1$ | | | |
| 29 | $x_{29} = 1$ | x_{29} | | $x_{29} = 1$ | | | |
| 30 | $x_{30} = 1$ | x_{30} | | $x_{30} = 1$ | | | |
| 31 | $x_{31} = 1$ | x_{31} | | $x_{31} = 1$ | | | |
| 32 | $x_{32} = 1$ | x_{32} | | $x_{32} = 1$ | | | |
| 33 | $x_{33} = 1$ | x_{33} | | $x_{33} = 1$ | | | |
| 34 | $x_{34} = 1$ | x_{34} | | $x_{34} = 1$ | | | |
| 35 | $x_{35} = 1$ | x_{35} | | $x_{35} = 1$ | | | |
| 36 | $x_{36} = 1$ | x_{36} | | $x_{36} = 1$ | | | |
| 37 | $x_{37} = 1$ | x_{37} | | $x_{37} = 1$ | | | |
| 38 | $x_{38} = 1$ | x_{38} | | $x_{38} = 1$ | | | |
| 39 | $x_{39} = 1$ | x_{39} | | $x_{39} = 1$ | | | |
| 40 | $x_{40} = 1$ | x_{40} | | $x_{40} = 1$ | | | |
| 41 | $x_{41} = 1$ | x_{41} | | $x_{41} = 1$ | | | |
| 42 | $x_{42} = 1$ | x_{42} | | $x_{42} = 1$ | | | |
| 43 | $x_{43} = 1$ | x_{43} | | $x_{43} = 1$ | | | |
| 44 | $x_{44} = 1$ | x_{44} | | $x_{44} = 1$ | | | |
| 45 | $x_{45} = 1$ | x_{45} | | $x_{45} = 1$ | | | |
| 46 | $x_{46} = 1$ | x_{46} | | $x_{46} = 1$ | | | |
| 47 | $x_{47} = 1$ | x_{47} | | $x_{47} = 1$ | | | |
| 48 | $x_{48} = 1$ | x_{48} | | $x_{48} = 1$ | | | |
| 49 | $x_{49} = 1$ | x_{49} | | $x_{49} = 1$ | | | |
| 50 | $x_{50} = 1$ | x_{50} | | $x_{50} = 1$ | | | |
| 51 | $x_{51} = 1$ | x_{51} | | $x_{51} = 1$ | | | |
| 52 | $x_{52} = 1$ | x_{52} | | $x_{52} = 1$ | | | |
| 53 | $x_{53} = 1$ | x_{53} | | $x_{53} = 1$ | | | |
| 54 | $x_{54} = 1$ | x_{54} | | $x_{54} = 1$ | | | |
| 55 | $x_{55} = 1$ | x_{55} | | $x_{55} = 1$ | | | |
| 56 | $x_{56} = 1$ | x_{56} | | $x_{56} = 1$ | | | |
| 57 | $x_{57} = 1$ | x_{57} | | $x_{57} = 1$ | | | |
| 58 | $x_{58} = 1$ | x_{58} | | $x_{58} = 1$ | | | |
| 59 | $x_{59} = 1$ | x_{59} | | $x_{59} = 1$ | | | |
| 60 | $x_{60} = 1$ | x_{60} | | $x_{60} = 1$ | | | |
| 61 | $x_{61} = 1$ | x_{61} | | $x_{61} = 1$ | | | |
| 62 | $x_{62} = 1$ | x_{62} | | $x_{62} = 1$ | | | |
| 63 | $x_{63} = 1$ | x_{63} | | $x_{63} = 1$ | | | |
| 64 | $x_{64} = 1$ | x_{64} | | $x_{64} = 1$ | | | |
| 65 | $x_{65} = 1$ | x_{65} | | $x_{65} = 1$ | | | |
| 66 | $x_{66} = 1$ | x_{66} | | $x_{66} = 1$ | | | |
| 67 | $x_{67} = 1$ | x_{67} | | $x_{67} = 1$ | | | |
| 68 | $x_{68} = 1$ | x_{68} | | $x_{68} = 1$ | | | |
| 69 | $x_{69} = 1$ | x_{69} | | $x_{69} = 1$ | | | |
| 70 | $x_{70} = 1$ | x_{70} | | $x_{70} = 1$ | | | |
| 71 | $x_{71} = 1$ | x_{71} | | $x_{71} = 1$ | | | |
| 72 | $x_{72} = 1$ | x_{72} | | $x_{72} = 1$ | | | |
| 73 | $x_{73} = 1$ | x_{73} | | $x_{73} = 1$ | | | |
| 74 | $x_{74} = 1$ | x_{74} | | $x_{74} = 1$ | | | |
| 75 | $x_{75} = 1$ | x_{75} | | $x_{75} = 1$ | | | |
| 76 | $x_{76} = 1$ | x_{76} | | $x_{76} = 1$ | | | |
| 77 | $x_{77} = 1$ | x_{77} | | $x_{77} = 1$ | | | |
| 78 | $x_{78} = 1$ | x_{78} | | $x_{78} = 1$ | | | |
| 79 | $x_{79} = 1$ | x_{79} | | $x_{79} = 1$ | | | |
| 80 | $x_{80} = 1$ | x_{80} | | $x_{80} = 1$ | | | |
| 81 | $x_{81} = 1$ | x_{81} | | $x_{81} = 1$ | | | |
| 82 | $x_{82} = 1$ | x_{82} | | $x_{82} = 1$ | | | |
| 83 | $x_{83} = 1$ | x_{83} | | $x_{83} = 1$ | | | |
| 84 | $x_{84} = 1$ | x_{84} | | $x_{84} = 1$ | | | |
| 85 | $x_{85} = 1$ | x_{85} | | $x_{85} = 1$ | | | |
| 86 | $x_{86} = 1$ | x_{86} | | $x_{86} = 1$ | | | |
| 87 | $x_{87} = 1$ | x_{87} | | $x_{87} = 1$ | | | |
| 88 | $x_{88} = 1$ | x_{88} | | $x_{88} = 1$ | | | |
| 89 | $x_{89} = 1$ | x_{89} | | $x_{89} = 1$ | | | |
| 90 | $x_{90} = 1$ | x_{90} | | $x_{90} = 1$ | | | |
| 91 | $x_{91} = 1$ | x_{91} | | $x_{91} = 1$ | | | |
| 92 | $x_{92} = 1$ | x_{92} | | $x_{92} = 1$ | | | |
| 93 | $x_{93} = 1$ | x_{93} | | $x_{93} = 1$ | | | |
| 94 | $x_{94} = 1$ | x_{94} | | $x_{94} = 1$ | | | |
| 95 | $x_{95} = 1$ | x_{95} | | $x_{95} = 1$ | | | |
| 96 | $x_{96} = 1$ | x_{96} | | $x_{96} = 1$ | | | |
| 97 | $x_{97} = 1$ | x_{97} | | $x_{97} = 1$ | | | |
| 98 | $x_{98} = 1$ | x_{98} | | $x_{98} = 1$ | | | |
| 99 | $x_{99} = 1$ | x_{99} | | $x_{99} = 1$ | | | |
| 100 | $x_{100} = 1$ | x_{100} | | $x_{100} = 1$ | | | |

How follows a repetition of Operation Number 1 to twenty three.

[Wikipedia]



[Wikipedia]

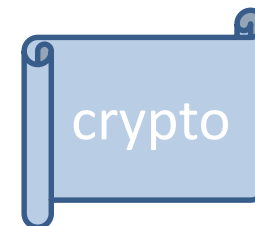
Konrad Zuse (1910 - 1995)

- Inginer, inventator german
- A introdus o serie de calculatoare: Z1, Z2, Z3, Z4
- Z3 (1936):
 - ✓ Primul calculator funcțional programabil
 - ✓ Secvența de instrucțiuni stocată pe bandă
 - ✓ Introduce reprezentarea binară
 - ✓ Introduce reprezentarea în virgulă mobilă
 - ✓ Instrucțiuni cu o adresă (operație, operand)



[Wikipedia]

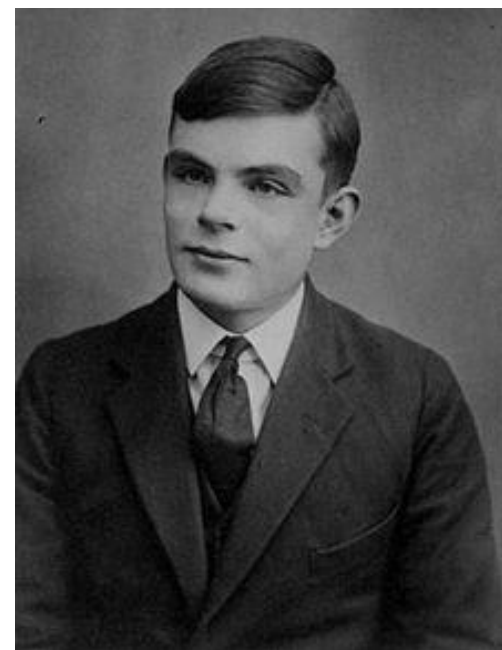
Alan Turing (1912 - 1954)



- Matematician, informatician, criptanalist, logician englez

[Enigma (2001), The Imitation Game (2014)]

- A introdus conceptul de *Masină Turing (1936)*[\[info\]](#)
- A introdus *Testul Turing*[\[info\]](#)



[Wikipedia]

John von Neumann (1903 - 1957)

- Matematician, fizician, inventator ungur-american
- *ENIAC* (Electronic Numerical Integrator And Computer) este primul calculator electronic (folosit în război, anunțat public în 1946)
- *EDVAC* (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) îmbunătățește ENIAC, este binar și folosește programe stocate (John Mauchly, J. Presper Ecker, 1944)
- *Raportul EDVAC* (1945), introduce:
 - ✓ *Arhitectura von Neumann* [\[info\]](#)
 - ✓ Conceptul de *variabilă*
 - ✓ Noțiunea de flux secvențial (*PC* = Program Counter)



[Wikipedia]

Mai multe informații...

[Exclude sursele deja menționate în slide-urile anterioare]

- Raj Reddy – Prezentare la HLF'2013

[ACM Turing Award, 1994]

<http://www.heidelberg-laureate-forum.org/blog/video/monday-september-23-raj-reddy/>

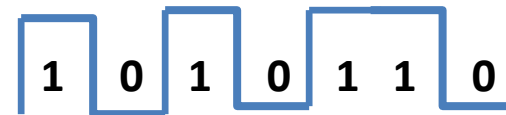
- W.Daniel Hillis,

Mașina care gândește – Cum funcționează calculatoarele



Sistemul binar

- Orice număr poate fi reprezentat printr-o secvență de biți
(*bit* = *binary digit*)
- Sistemul de numerație binar folosește 2 simboluri: 0 și 1
- Aplicații:
 - ✓ Circuite digitale (prezența / absența curentului)
 - ✓ Stocare (orientarea magnetică)
 - ✓ Stocare în regiștrii fizici
 - ✓ Reprezentare (biți)



Sistemul binar

➤ Transformarea din zecimal in binar

| ... | 16 (2^4) | 8 (2^3) | 4 (2^2) | 2 (2^1) | 1 (2^0) |
|-------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 23 = | 16 | | +4 | +2 | +1 |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 10 = | | +8 | | +2 | |
| | | 1 | 0 | 1 | 0 |

➤ Transformarea din binar in zecimal

| ... | 16 (2^4) | 8 (2^3) | 4 (2^2) | 2 (2^1) | 1 (2^0) |
|-------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 25 = | 16 | +8 | | | +1 |

[De multe ori o să avem nevoie de reprezentare pe un număr fix de biti (ex.: 5 sau 32)]

Sistemul hexazecimal

- Sistemul de numerație hexazecimal folosește 16 simboluri: 0...9 și A...F
- Folosit la:
 - ✓ Reprezentarea datelor (din memorie sau din regiștrii)
 - ✓ Reprezentarea instrucțiunilor
 - ✓ Reprezentarea adreselor de memorie

0x014B4820

Sistemul hexazecimal

➤ Transformarea din zecimal in hexazecimal

| | ... | 256 (16^2) | 16 (16^1) | 1 (16^0) |
|--------------|-----|-----------------------|----------------------|-------------------------------|
| 23 = | | | +1x16 | +7x1 |
| | | 0 | 1 | 7 => 23 = 0x17 |
| 162 = | | | +10x16 | +2x1 |
| | | 0 | A | 2 => 162 = 0xA2 |

➤ Transformarea din hexazecimal in zecimal

| | ... | 256 (16^2) | 16 (16^1) | 1 (16^0) |
|---------------|-----|-----------------------|----------------------|-----------------------------|
| | | | 32 | 10 => 0x2A=42 |
| 0x2A = | | | +2x16 | +1x10 |

[De multe ori o să avem nevoie de reprezentare pe un număr fix de cifre hexa (ex.: 4 sau 8)]

Sistemul hexazecimal

| Hexa | Dec | Bin |
|------|-----|------|
| 0 | 0 | 0000 |
| 1 | 1 | 0001 |
| 2 | 2 | 0010 |
| 3 | 3 | 0011 |
| 4 | 4 | 0100 |
| 5 | 5 | 0101 |
| 6 | 6 | 0110 |
| 7 | 7 | 0111 |

| Hexa | Dec | Bin |
|------|-----|------|
| 8 | 8 | 1000 |
| 9 | 9 | 1001 |
| A | 10 | 1011 |
| B | 11 | 1010 |
| C | 12 | 1100 |
| D | 13 | 1101 |
| E | 14 | 1110 |
| F | 15 | 1111 |

Unde e greșeala?

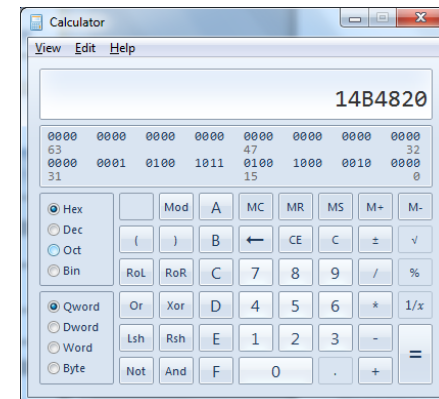
Sistemul hexazecimal

| Hexa | Dec | Bin |
|------|-----|------|
| 0 | 0 | 0000 |
| 1 | 1 | 0001 |
| 2 | 2 | 0010 |
| 3 | 3 | 0011 |
| 4 | 4 | 0100 |
| 5 | 5 | 0101 |
| 6 | 6 | 0110 |
| 7 | 7 | 0111 |

| Hexa | Dec | Bin |
|------|-----|------|
| 8 | 8 | 1000 |
| 9 | 9 | 1001 |
| A | 10 | 1010 |
| B | 11 | 1011 |
| C | 12 | 1100 |
| D | 13 | 1101 |
| E | 14 | 1110 |
| F | 15 | 1111 |

Sistemul hexazecimal

- Transformarea din hexazecimal in binar



| 0x 0 | 1 | 4 | B |
|------|------|------|------|
| 0000 | 0001 | 0100 | 1011 |

- Transformarea din binar in hexazecimal

| 0100 | 1000 | 0010 | 0000 |
|------|------|------|------|
| 0x 4 | 8 | 2 | 0 |

0x014B4820 = 0000 0001 0100 1011 0100 1000 0010 0000

Logica booleană

- Logică cu 2 valori de adevăr: *True* (1) si *False* (0)
- Operații în logica booleană:

| P | NOT P |
|---|-------|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

| P | Q | P AND Q |
|---|---|---------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

| P | Q | P OR Q |
|---|---|--------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

| P | Q | P XOR Q |
|---|---|---------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

NOT (negația)

AND (conjuncția)

OR (disjuncția)

XOR (disjuncția exclusivă)

Mașina Turing

- Introdusă în 1936, ca un model teoretic capabil să implementeze orice algoritm
- Părți componente:
 - ✓ O multime de *stări*
 - ✓ O multime de *simboluri* (0 și 1)
 - ✓ O *bandă de memorie secvențială și infinită*
 - ✓ Un *cap de citire / scriere*
- Capul de citire scriere citește un simbol și în funcție de stare și de simbolul citit, poate să:
 - ✓ Scrie altceva pe banda de memorie
 - ✓ Treacă într-o altă stare
 - ✓ Mute capul de citire/scriere
- YouTube Video: Turing Machines Explained - Computerphile [\[link\]](#)

Turing Test

- Introdus în *Computing Machinery and Intelligence* (1950)

["I propose to consider the question, 'Can machines think?'"]

["Are there imaginable digital computers which would do well in the imitation game?"]

- Testează abilitatea unui calculator de a se diferenția de o persoană umană



Arhitectura von Neumann vs. Arhitectura Harvard

- *Arhitectura von Neumann* prezintă **o singură memorie** pentru date și instrucțiuni
- *Arhitectura Harvard* prezintă **memorii diferite** pentru date și instrucțiuni

