

Arhitectura calculatoarelor

Descriere generală a sistemului de calcul

Cuprins

- Concepte generale
 - Notiunea de sistem
 - Conceptul de cutie neagra
- Sistemul de calcul (SC)
 - Definitie
 - Evolutia sistemelor de calcul
 - Arhitectura SC
 - Descrierea SC
 - Partile componente SC
 - Parti hardware principale
- Modelul Von Neumann
- Arhitectura stratificata
- Generatii de calculatoare



Concepte generale

❖ Notiunea de sistem

- **Sistem** = Un ansamblu de elemente inter-relaționate ce compun un întreg.
- Un **subsistem** este o parte a unui sistem.
- În mod tipic un sistem este alcătuit din componente (elemente) care sunt interconectate și interacționează pentru a facilita fluxul de informație.
- În funcție de tipul sistemului acesta se poate diferenția de elemente, mașini, procese.

Concepte generale

❖ *Tipuri de sisteme*

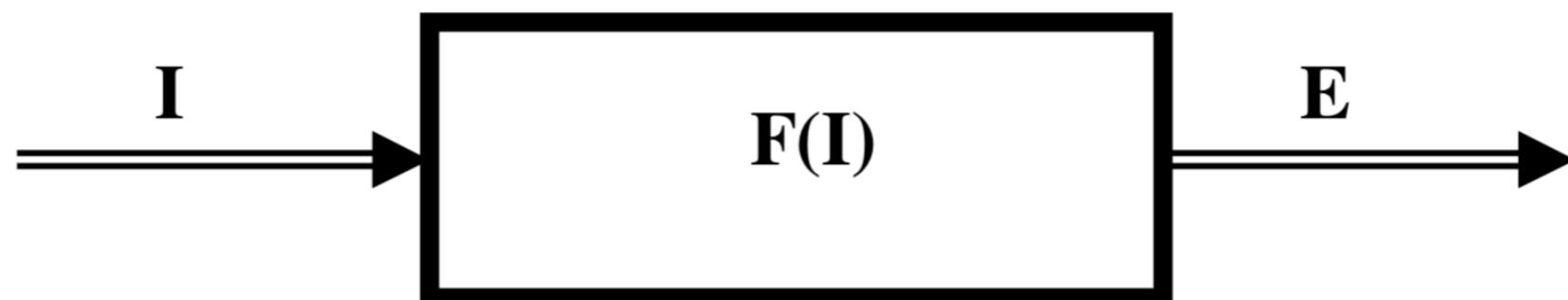
- **Sisteme deschise** – Sisteme care pot fi influențate de evenimentele din afara granițelor lor.
- **Sisteme închise** - Sisteme care nu sunt influențate de evenimentele din afara granițelor lor.
- **Sisteme dinamice** – Sisteme cu componente sau fluxuri care se schimbă în timp.
- O distincție care trebuie specificată este între sistemele fizice și cele conceptuale. Cele conceptuale sunt abstrakte și au la bază idei, ajutând la modelarea sistemelor fizice.

Arhitectura unui sistem

- ❖ **Arhitectura sistem** = disponerea si interconectarea componentelor pentru a obtine functionalitatea dorita a sistemului.

Black-box

- Un sistem cu intrari (I), iesiri (E) si transformari ($F(x)$) cunoscute, dar cu conținut necunoscut se numește **black-box**.
- Proprietatea cea mai importantă a cutiei negre este *utilizabilitatea*. I.e. utilizare fără a cunoaște detalii de implementare.



- Conceptul de cutie neagra este utilizat în proiectarea și realizarea sistemelor de calcul.
- Pentru a facilita construcția sistemelor din module cu funcționalitate cunoscută (black box) acestea au fost standardizate.
- Un standard cuprinde o descriere a modului de utilizare a unui modul (specificații de utilizare). Ex: ISO, IEEE, IETF

Sistemul de calcul

- Un **sistem de calcul** este un sistem care execută programe stocate în memorie în interacțiune cu mediul extern.
- Componentele sistemului de calcul sunt:
 - **hardware** – echipamente
 - **software** - programe

Evoluția sistemelor de calcul

- În anul 1946 **John von Neumann** introduce:
 - conceptul programării calculatoarelor prin stocarea în memorie a datelor și programelor. Acest concept stă la baza calculatoarelor moderne.
 - utilizarea sistemului binar în locul celui zecimal.
- Calculatorul este de fapt o cutie neagră (black box) care înglobează o funcționalitate expusă utilizatorului sau sistemului extern.
- Expunerea funcționalității către utilizator se face într-un mod foarte sugestiv, grafic printr-o interfață de utilizare GUI (**Graphical User Interface**).

Evoluția sistemelor de calcul

Din punct de vedere al utilizatorului obișnuit progresul a fost realizat datorită:

- **accesibilității**
 - disponibilitatea calculatoarelor prin prețul mic al acestora
 - ușurința în utilizare – interfața grafică prietenoasă, sugestivă
- **funcționalității crescute**
 - prin creșterea resurselor de calcul și memorare (viteză de execuție și memorie)
 - înglobarea mai multor funcții complexe
- **suportului de comunicare** oferit
 - prin folosirea infrastructurii existente de comunicație
 - posibilitatea de a comunica diferite tipuri de informații: poștă, multimedia, etc.

Arhitectura sistemelor de calcul

- Arhitectura sistemelor de calcul sau arhitectura calculatoarelor este teoria din spatele construcției unui calculator.
- În același mod în care un arhitect stabilește principiile și obiectivele construirii unui proiect ca baze ale unor planuri de construcție, în același mod un arhitect de calculatoare stabilește arhitectura sistemului de calcul ca bază a specificațiilor de proiectare.
- Obiectivul principal în arhitectura unui sistem de calcul îl reprezintă un raport **cost/performanță** cât mai bun.
- *Componența sistem* = cutie neagra.
- *Arhitectura sistem* = disponerea și interconectarea componentelor pentru a obține funcționalitatea dorita a sistemului.

Arhitecturi generale

1. **Arhitectura multistrat** – niveluri ierarhice. Un nivel inferior ofera suport nivelului superior pentru executia functiilor sale.
2. **Decompozitia functionala** – descompunere a componentelor dupa functiile realizate.
3. **Decompozitia conceptuala** – descompunere a sistemului dupa entitatile identificate (ce inglobeaza toata functionalitatea obiectului).

Descrierea sistemului de calcul

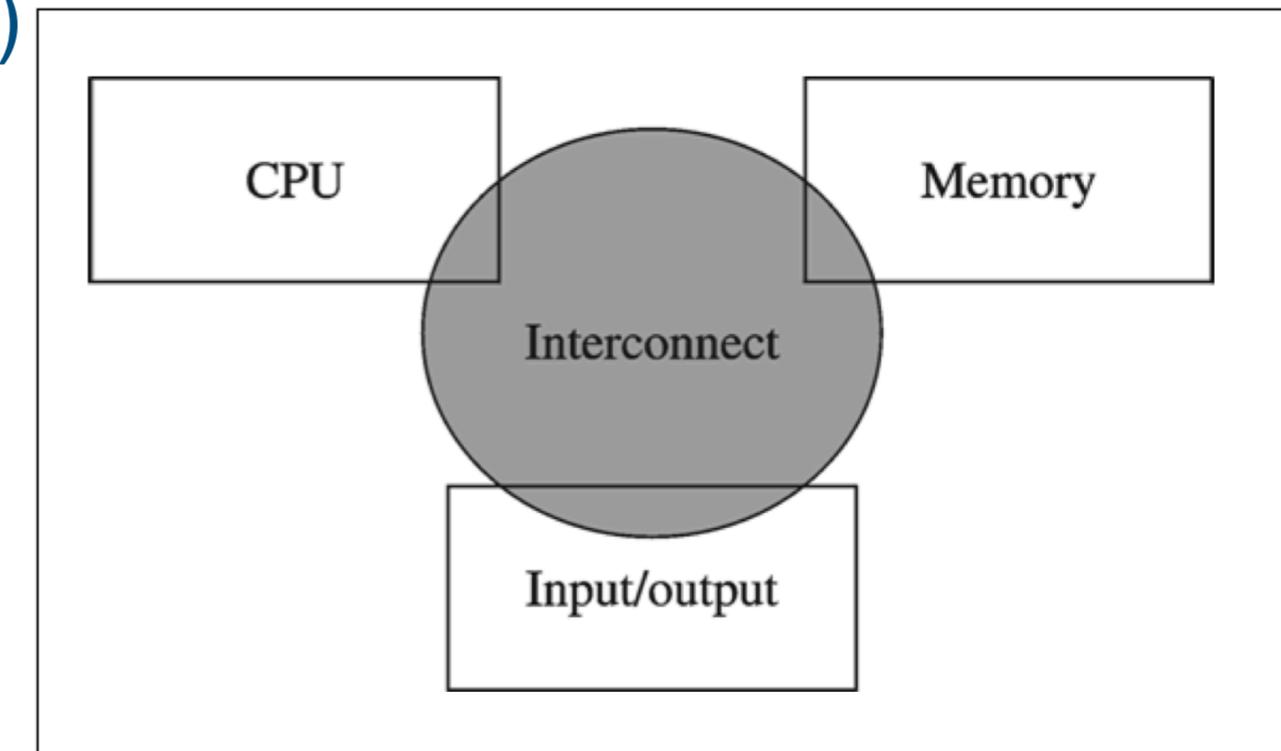
- **Masina de calcul** executa secvential programe scrise in limbajul masinii respective, stocate in memorie, in interactiune cu mediul extern.
- **Un program** = solutie algoritmica a unei probleme scrisa intr-un limbaj, numit limbaj de programare.
- **Un algoritm**= solutie secventiala a unei probleme.
Limbajul de programare \neq limbajul masina.

Limbajul de asamblare

- **Limbajul masina** este limbajul executat de masina.
- **Limbajul de programare** este translatat in limbaj masina pentru executie.
- Sunt doua forme de executie:
 - **compilare si executie**
 - **interpretare** (masina virtuala care interpreteaza si executa programul)

Componentele de baza

- Sistem de calcul:
 - **de procesare (prelucrare)**
 - **de memorare**
 - **de comunicatie**
 - cu mediul extern
 - suport de comunicație
- **Program** = succesiune de instructiuni ce implementeaza un algoritm.



Componentele unui SC

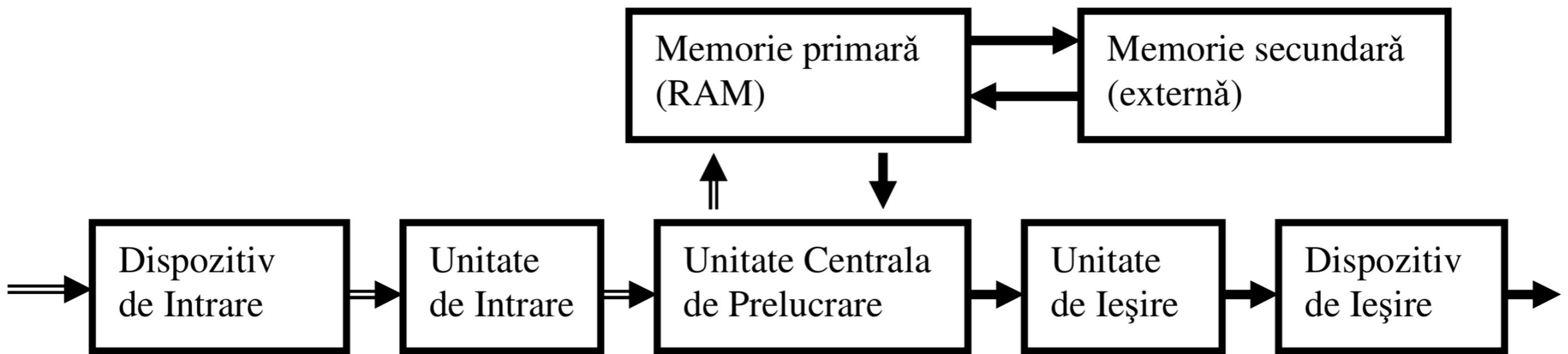
- Din punct de vedere perceptiei, sistemul de calcul este impartit in doua mari parti:
 - **partea hardware** – reprezentata de circuitele electronice, placi, cabluri, memorii, etc. care reprezinta echipamentul propriu-zis de calcul si care sunt tangibile.
 - **partea software** – reprezentata prin programe care implementeaza algoritmi si reprezinta idei abstracte.

Componentele unui SC

- **Fluxul informației**

Pentru a intelege functionarea calculatorului vom introduce noțiunea de **informatie** care, furnizată de utilizator sau mediu, este convertită în format binar, intern, prelucrat de sistemul de calcul (**date**).

- Adoptarea reprezentării binare a fost impusă de utilizarea în constructia calculatoarelor a dispozitivelor cu două stări stabile, notate convențional cu 0 și 1. Unitatea de măsură pentru numerele binare este **bit-ul (binary digit)**.



- Informatia, furnizata de mediul extern (utilizator), este preluată de **dispozitivul de intrare**, codificată (convertită în format binar) și transmisă **unității de intrare** care realizează interfața cu **unitatea de procesare**.
- Informatia este înregistrată și păstrată în **memoria primară**. De aici ea poate fi transmisa ulterior altor unitati functionale. Informatia este supusa prelucrarii in UCP. Informatia care nu este prelucrata la un moment dat poate fi păstrata in unitati de memorie externa.
- Rezultatele prelucrarilor sunt transmise utilizatorului prin **unitatea de ieșire** către **dispozitivul de ieșire**. Dispozitivul de ieșire realizeaza conversia datelor din format binar în formatul necesar reprezentarii informatiei.

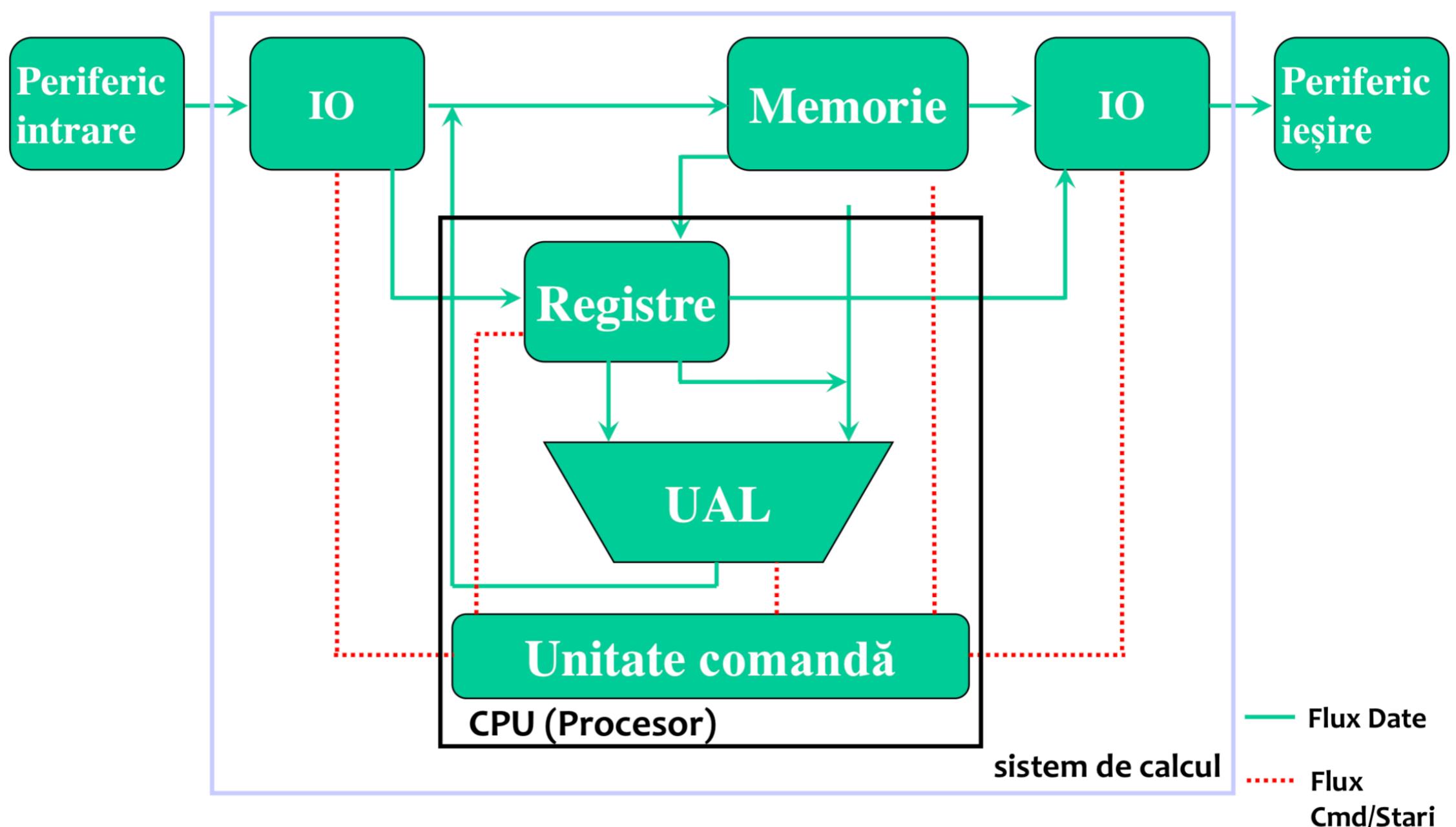
Hardware

- * UCP (Unitatea Centrală de Procesare)
- * Memoria
- * Subsistemul de I/E
- * Suportul de comunicație (magistrale)
 - Adrese
 - Date
 - Control

MODELUL VON NEUMANN

- Modelul von Neumann a fost specificat de von Neumann în 1946 și cuprinde elementele principale componente ale unui sistem de calcul și interacțiunea între ele.
- El are la baza patru componente: *memoria, unitatea aritmetică și logica, unitatea de comanda și echipamentele de intrare și de ieșire*.

MODELUL VON NEUMANN



MODELUL VON NEUMANN

- **Unitatea centrală (UC)** are rolul de a prelucra programul alcătuit din instrucțiuni și de a controla activitatea întregului sistem. Instrucțiunea este memorată ca secvență de biți în memorie.
- UC este alcătuită din:
 - unitatea de comandă
 - unitatea aritmetică și logică (UAL) sau unitatea de calcul
 - registrii
- **Unitatea de comandă** decodifică instrucțiunile, le interpretează și comandă operațiile de executat.
- **Unitatea de calcul** execută operațiile aritmetice și logice.
- **Registrii** sunt folosiți pentru stocarea temporară a datelor de prelucrat.

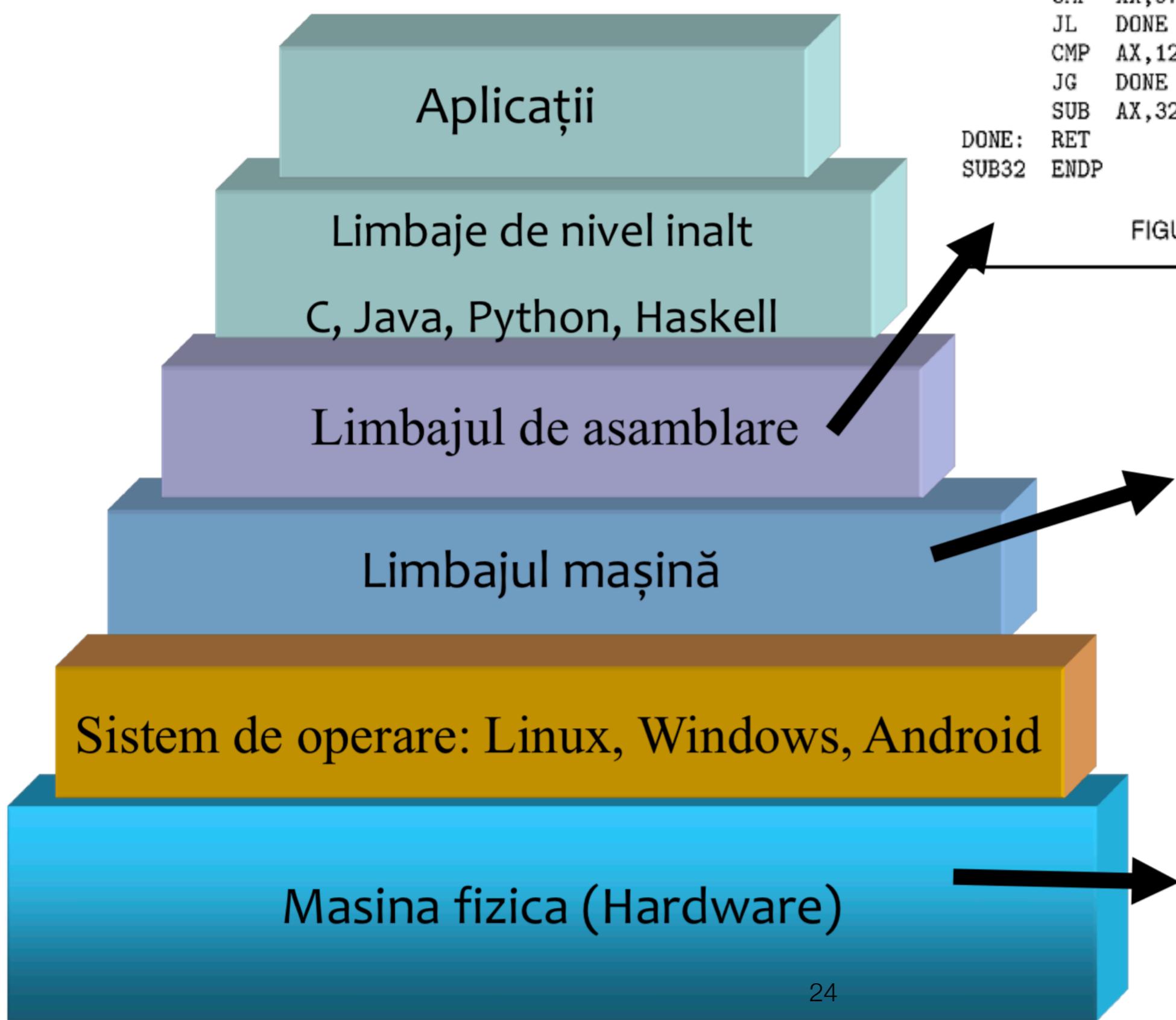
MODELUL VON NEUMANN

- **Memoria** este cea în care se stochează informația în format binar. De aceea suportul de memorie trebuie să asigure două stări stabile distincte. Ea este compusă dintr-un sir de **locații de memorie**, iar accesul la ele se face prin **adrese**.
- Locația de memorie are dimensiunea de un octet (8 biți). Un bit poate stoca o valoare binară (0 sau 1).
- Numărul locațiilor de memorie formează capacitatea de stocare a memoriei.
- În memorie sunt stocate atât date cât și programe.
- Operațiile care se execută cu memoria sunt: de citire și de scriere

MODELUL VON NEUMANN

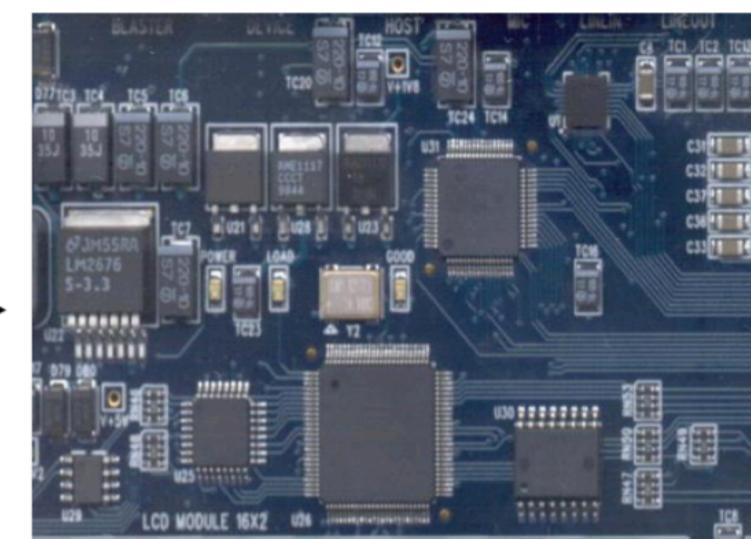
- **Unitatea de intrare** este componenta care asigură funcția de preluare a informațiilor de intrare. Acestea sunt citite de la un dispozitiv de intrare.
- **Unitatea de ieșire** este componenta care asigură funcția de furnizare a informațiilor la ieșire. Acestea sunt scrise și transmise unui dispozitiv de ieșire.
- Pentru sincronizarea unităților funcționale componente, există între ele interfețe în care se află **buffere** (elemente temporare de memorare).
- Informatia este transmisă în sistem pe căi electrice numite **magistrale**. În funcție de tipul de informație care circulă prin ele, ele se clasifică în:
 - **magistrala de adrese**,
 - **magistrala de date**,
 - **magistrala de control**.

ARHITECTURA STRATIFICATĂ A SISTEMULUI



```
SUB32 PROC      ; procedure begins here
          CMP AX,97   ; compare AX to 97
          JL  DONE    ; if less, jump to DONE
          CMP AX,122   ; compare AX to 122
          JG  DONE    ; if greater, jump to DONE
          SUB AX,32   ; subtract 32 from AX
          DONE: RET     ; return to main program
          SUB32 ENDP   ; procedure ends here
```

FIGURE 17. Assembly language



ARHITECTURA STRATIFICATĂ A SISTEMULUI DE CALCUL

- Calculatoarele moderne sunt formate din doua sau mai multe niveluri. Există mașini cu șase niveluri:
 - Nivelul 0 corespunde structurii hardware a mașinii
 - Nivelul 1 corespunde microarhitecturii
 - Nivelul 2 arhitecturii setului de instrucțiuni
 - Nivelul 3 sistemului de operare
 - Nivelul 4 limbajului de asamblare
 - Nivelul 5 limbajului orientat pe problema.



GENERATII DE CALCULATOARE

- **Generatia 0** – reprezentata de calculatoarele mecanice – 1942-1945.
- Blaise Pascal a realizat prima masina de calcul functionala, complet mecanica, din roti dintate si actionata de manivela in 1642.
- Urmatoarea masina, realizata in secolul al XIX-lea de Charles Babbage, s-a numit masina de calcul a diferențelor (difference engine) și era specializata pentru un singur tip de calcule pentru navigatia marina. Ea efectua numai adunari si scaderi. Tot Babbage a realizat si masina analitica (analytical engine) cu functionalitate mai mare ca cea precedenta, programabila intr-un limbaj simplu de programare de Ada Aususta Lovelace, fiica lordului Byron.
- In 1930 germanul Konrad Zuse realizeaza o serie de masini de calcul folosind releele eletromagnetice.
- In SUA in anii celui de-al doilea razboi mondial, John Atanasoff si George Stibitz proiecteaza masini de calcul automate, iar Aiken a realizat masina Mark I din relee electromagnetice, avind o banda de hirtie perforata la intrare, 72 de cuvinte si 6 secunde pe instructiune.

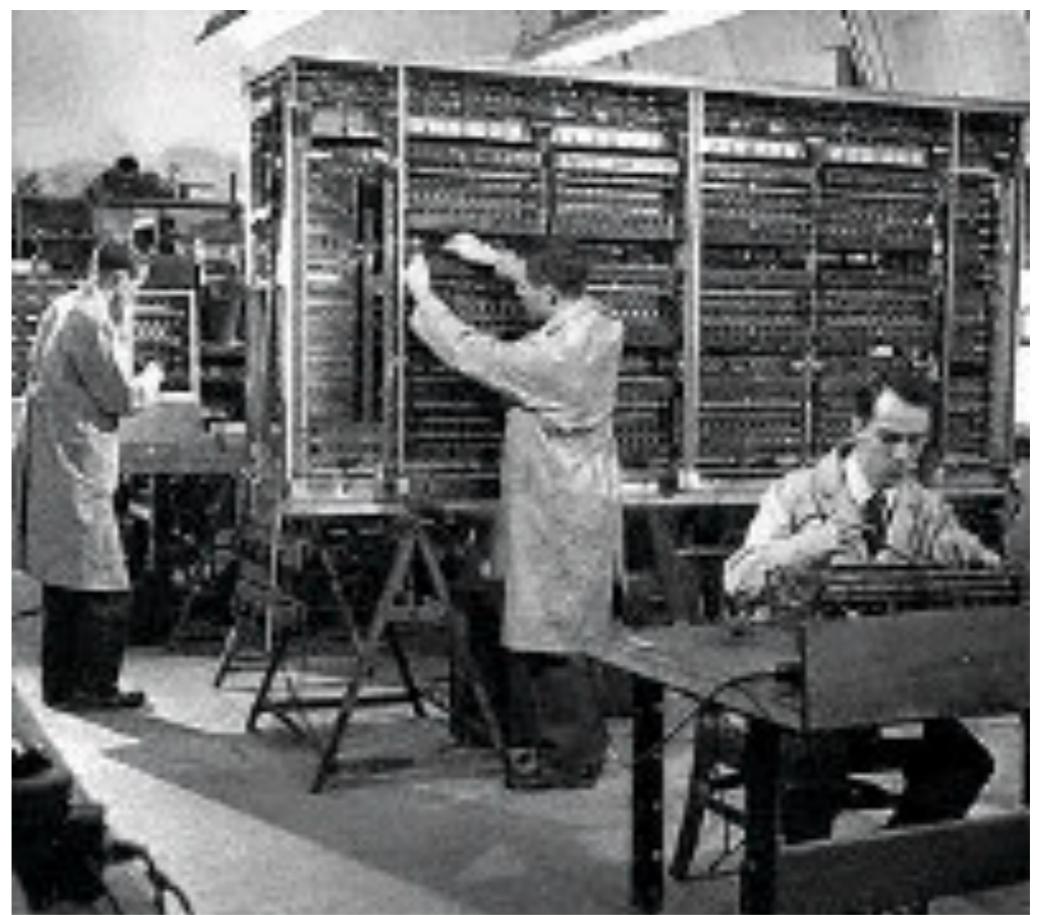
GENERATII DE CALCULATOARE

- **Generatia 1** – având la baza **tehnologia tuburilor electronice** – 1943-1953.
- Primul calculator numeric electronic din lume a fost considerat COLOSSEUM, 1943, construit de guvernul britanic pentru decodificarea (prin dispozitive ENIGMA) mesajelor germane în timpul celui de-al doilea razboi mondial. Alan Turing a contribuit la proiectarea acestuia.
- Celebul calculator **ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer)** a fost realizat de John Mauchley și J. Presper Eckert. El avea 18 000 de tuburi electronice, 1500 de relee, 20 de registre a cite 10 digit și cântarea 30 de tone. Din pacate nu a fost functional. EDSAC s-a numit primul calculator numeric functional și a fost realizat la Universitatea Cambridge de Maurice Wilkes, iar alt reprezentant demn de specificare este EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer).
- Bazele aritecturii calculatoarelor de astăzi au fost puse de John von Neumann care a realizat **masina IAS**. El a propus înlocuirea aritmetică zecimală serială cu aritmetică binară paralelă. **Masina von Neumann** a fost realizată de Wikes și s-a numit EDSAC avind integrat un program memorat.
- IMB produce masinile 701, apoi 704 și 709 între anii 1953-1958.

GENERATIA 1



ENIAC



ADVAC



IBM 701

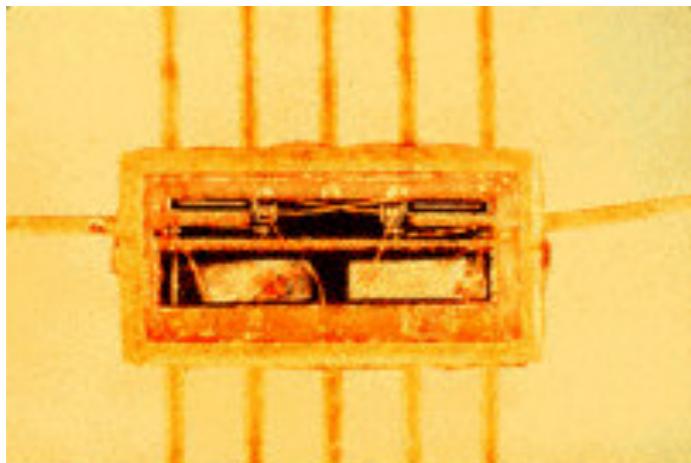
GENERATII DE CALCULATOARE

- **Generatia 2 de calculatoare** – avind la baza **tehnologia tranzistoarelor** – 1955-1965
- Tranzistorul a fost inventat în 1948 la Bell Laboratories, iar printre inventatori a fost William Shockley. Primul calculator cu tranzistoare s-a realizat la MIT și s-a numit **TX-0** (Transistorized eXperimental computer).
- În 1961 a apărut calculatorul PDP-1, realizat de firma DEC (Digital Equipment Corporation) cu 4K cuvinte pe 18 biți și cu timpul ciclului mașină de 5 µsec. Calculatorul PDP8 care a urmat a adus nou magistrala comună plimbata pe la toate componente, numita omnibus.
- Magistrala=colecție de fire paralele folosite pentru conectarea componentelor unui calculator.
- În 1964, CDC (Control Data Corporation) a realizat masina 6600, mult mai rapidă decât celealte existente la ora respectivă, având UCP (Unitatea Centrală de Procesare) masiv paralelă. Seymour Cray fiind unul dintre proiectanți care trebuie menționat.
- Firma IBM a realizat în această perioadă calculatoarele 7094 și 1401, unul pentru calcule științifice, altul pentru gestiunea afacerilor.

GENERATII DE CALCULATOARE

- **Generația 3** - având la bază **tehnologia circuitelor integrate** - 1965-1980
- Circuitul integrat a fost inventat de Robert Noyce în 1958 și a dus la miniaturizarea echipamentelor prin integrarea a zeci de tranzistoare pe un cip.
- Firma IBM a realizat System/360 atât pentru calcule științifice cât și comerciale. În plus acest calculator aduce nouă **multiprogramarea (multiprogramming)**. Această tehnică permite existența în memorie a mai multor programe, cele care realizează transferuri I/E (intrare/ieșire) lăsând UCP-ul celor care realizează calcule.
- Firma DEC realizează în această perioadă foarte popularele calculatoare PDP8 și PDP11.

GENERATIA 3



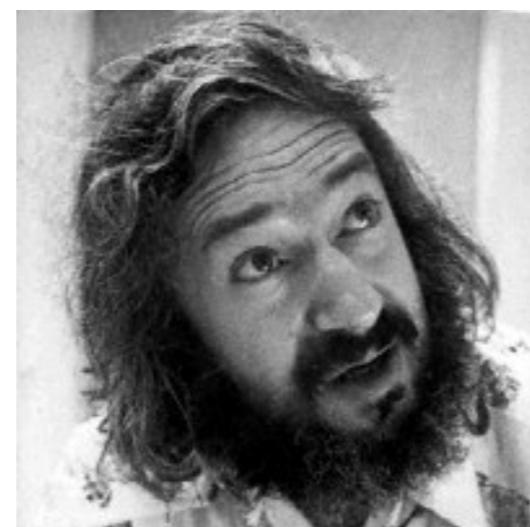
Primul circuit integrat



Apollo



Calculator HP



Seymour – LOGO

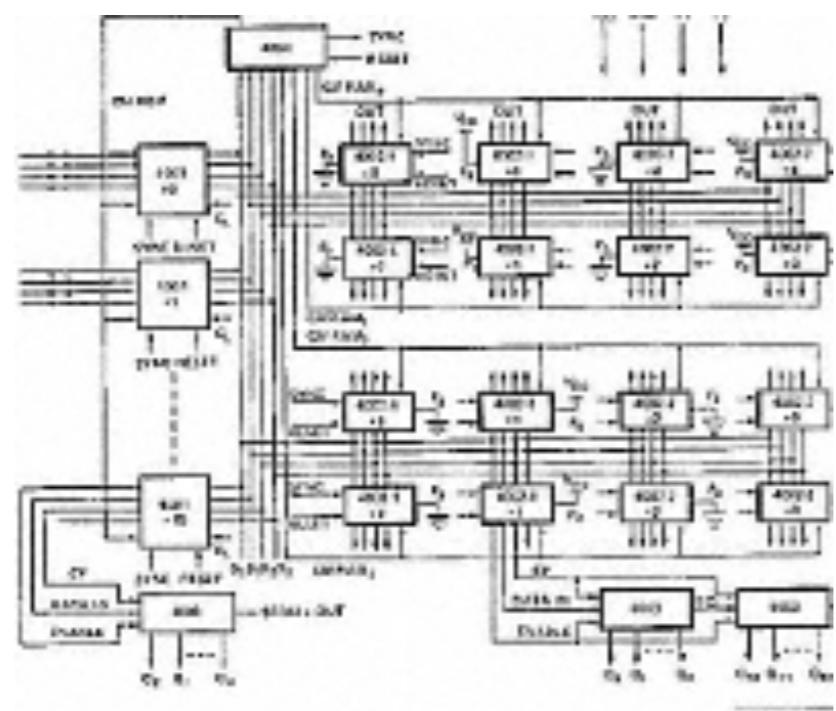


HP (1972)

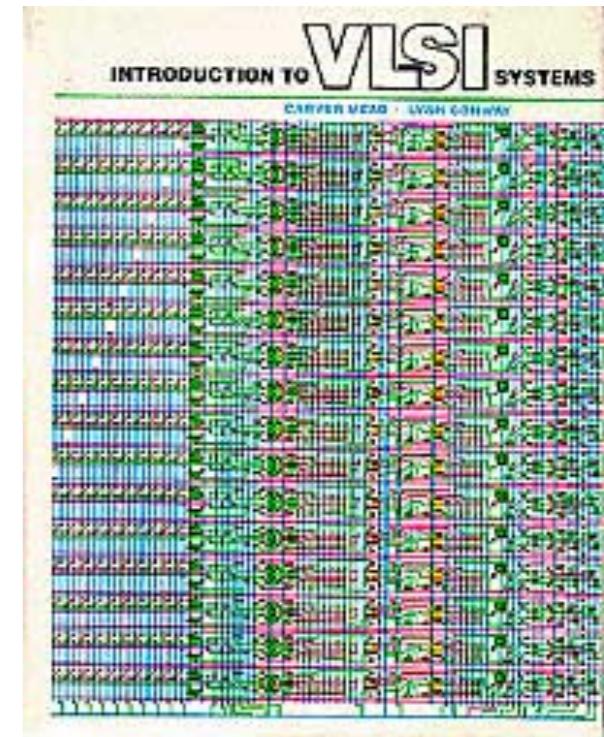
GENERATII DE CALCULATOARE

- **Generația 4** - având la bază **tehnologia circuitelor integrate pe scară foarte largă** – 1980-?
- Această generație este cea a calculatoarelor personale. Primele calculatoare au la bază microprocesorul I8080 și sistemul de operare CP/M (scris de Gary Kildall) și sunt realizate din componente asamblate la cerere.
- Calculatorul Apple realizat de Steve Jobs și Steve Wozniac apare la începutul perioadei devenind foarte popular.
- IMB lansează în 1981 primul calculator personal din componente comerciale, numit IBM PC, cu sistemul de operare MS-DOS, realizat de firma Microsoft Corporation.
- Structurile RISC apar la mijlocul anilor 1980 cu performanțe crescute față de cele oferite de direcția CISC.

GENERATIA 4



Intel 4004



Apple



IBM-PC

GENERATIA 4



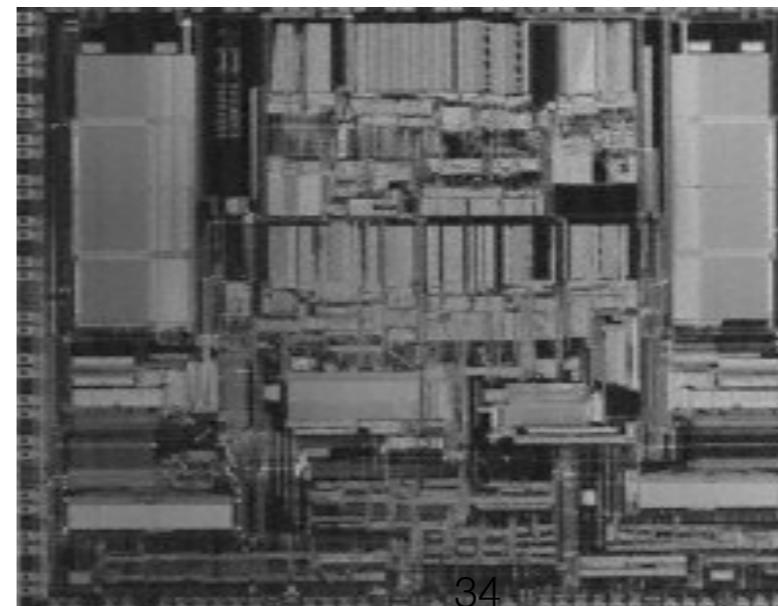
Calc. cu display TV



Calculator portabil (Osborn)



IBM PS2



34

Motorola 68040

TIPURI DE CALCULATOARE

- Există două direcții importante în dezvoltarea calculatoarelor:
 - **CISC** (Complex Instruction Set Computers) corespunzătoare calculatoarelor realizate cu microprocesoare cu arhitectură CISC.
 - **RISC** (Reduced Instruction Set Computers) corespunzătoare calculatoarelor realizate cu microprocesoare RISC, reprezentativ fiind microprocesorul SPARC realizat de firma Sun.
- În paralel sunt dezvoltate direcții alternative:
 - Calculatoare paralele. Exemplu: reprezentativ este **MIPS** (Milions of Instruction Per Second) realizat la Universitatea Stanford USA, cu arhitectură mai specială, paralela.
 - Calculatoare orientate către limbaj: direcție nouă de dezvoltare o constituie cipurile **JVM** (Java Virtual Machine).

TIPURI DE CALCULATOARE

- Exemple de tipurile de calculatoare sunt:
- **Calculatoare personale** – ele se referă la calculatoarele de birou și la agendele de lucru. Ele sunt monoprocesor și se numesc PC-ri (daca microprocesorul este CISC) sau stații de lucru (dacă procesorul este RISC). Puterea lor de calcul crește pe măsura evoluției tehnologice. Pot fi echipate cu MODEM-uri pentru transmisia la distanță.
- **Servere** – Ele se referă la calculatoarele cu putere mai mare din rețea pe care se află instalat software-ul corespunzător, deservind stațiile de lucru.
- **Mulțime de stații de lucru** – numite și **Networks of Workstations (NOW)**, sau **Clusters of Workstations (COW)** – sunt alcătuite din mai multe stații de lucru legate prin rețele de mare viteză și având un software distribuit pentru soluționarea împreună a unor probleme specifice unui domeniu.
- **Calculatoarele mari** - specifice sistemelor mari cu capacitate foarte mare de stocare (de ordinul teraoctetilor, $1\text{Toct.} = 10^{12}\text{ oct.}$).
- **Supercalculatoarele** - cu UCP foarte rapide, resurse mari (memorie) și interconectări rapide folosite pentru calcule foarte complicate științifice.

Bibliografie

- **Cristian Zet** - "Arhitectura Calculatoarelor", Editura PIM 2013, ISBN 978-606-13-1482-9;
- **Enoch O. Hwang** – "Digital Logic and Microprocessor Design with VHDL", <http://faculty.lasierra.edu/~ehwang/digitaldesign/>;
- **Douglas E.Comer** - "Essentials of Computer Architecture", Editura Pearson Prantice Hall 2005, ISBN 0-13-149179-2;
- **Darren Ashby, Bonnie Baker** - "Circuit Design", Editura Elsevier, Newnes 2008, ISBN: 978-1-85617-527-2;
- **Ion Grout** - "Digital Systems Design with FPGAs", Editura Elsevier, Newnes 2008, ISBN-13: 978-0-7506-8397-5;
- **Jack Ganssle, Tammy Noegaard** - "Embedded Hardware", Editura Elsevier, Newnes 2008, ISBN 978-0-7506-8584-9;
- **Michael L. Overton** - "Numerical Computing with IEEE Floating Point Arithmetic", Editura SIAM 2009, ISBN 0-89871-571-7;
- **Scott Hauck, Andre DeHon** - "The Theory and Practice of FPGA-Based Computation", Editura Elsevier, Morgan Kaufmann 2008, ISBN 978-0-12-370522-8;
- **G. Toacse** – "Introducere în microprocesoare", Ed. Stiintifica si Enciclopedica", Bucuresti, 1986;
- **R. Morris, J. Miller**, "Proiectarea cu circuite integrate TTL";
- **I Stoianov**, "De la poarta TTL la microprocesor";
- **A. Valachi, M. Bîrsan**, "Tehnici numerice si automate";
- **Al. Onea** “Arhitecturi de calculatoare”;
- **V. Gaitan** “Arhitectura sistemelor de calcul”;
- **D. Grigoras** “Arhitectura calculatoarelor”;
- **M. Morris Mano, Charles Kime** - "Logic and Computer Design Fundamentals", 4/E;
- **Baruch, Z. F.** - "Arhitectura calculatoarelor";
- **Hayes, John P.** - "Computer Architecture and Organization";
- **Patterson, David A., Hennessy, John L.** - "Organizarea si proiectarea calculatoarelor", interfata hardware/software;
- **M. H. Zaharia** - "Sisteme Paralele si Distribuite".