

# 1 GENERALITATI DESPRE CALCULATOARELE ELECTRONICE

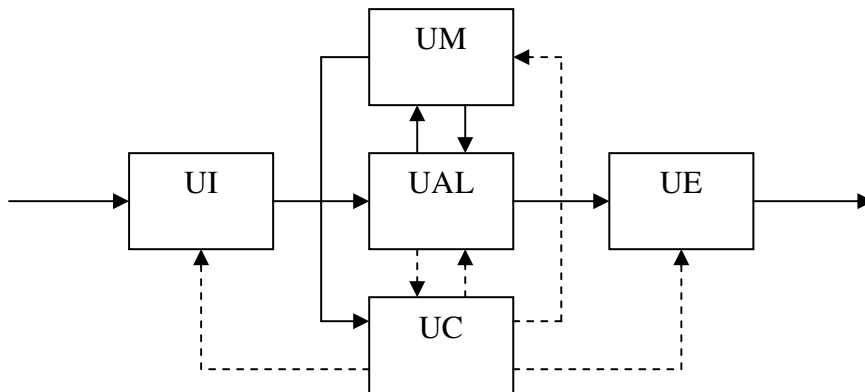
## 1.1 Structura si functionarea unui calculator electronic

Sistemul de calcul este un ansamblu de echipamente fizice care prelucreaza informatia codificata conform unui program ce indica o succesiune determinata de operatii aritmetice si logice. Calculatorul este alcatuit din doua subsisteme principale:

- subsistemul hardware;
- subsistemul software.

### Subsistemul hardware.

Subsistemul hardware este reprezentat prin totalitatea echipamentelor si dispozitivelor fizice din sistemul de calcul. Structura de baza a unui calculator secvential, cu program memorat, a fost stabilita de catre celebrul informatician John von Neumann si a fost publicata in iunie 1945 in lucrarea "Prima schita de raport asupra EDVAC". Un astfel de calculator este compus din cinci unitati functionale (fig.1.1.1).



*Fig.1.1.1 Structura unui calculator secvential.*

**Unitatea de intrare (UI)** permite introducerea informatiilor in calculator, realizand conversia reprezentarii acestora de la forma externa la un format intern binar. Evident ca reprezentarea interna binara este o consecinta a faptului ca la constructia calculatoarelor electronice se utilizeaza circuite cu doua niveluri stabile de tensiune la iesiri: un nivel ridicat, la care se asociaza valoarea logica 1 si un nivel coborat, la care se

asociază valoarea logică 0. Unitatea de intrare este reprezentată prin echipamente periferice de intrare, cum sunt: tastatura, mouse, scanner, joystick, light-pen, cititoare optice de caractere, cititoare de bare.

**Memoria** (unitatea de memorare, UM) este unitatea funcțională a unui calculator în care se stochează informația (programe și date de prelucrat). Din unitatea de memorare informația poate fi citită, prelucrată, rememorată sau transferată în exterior. O caracteristică importantă a memoriei este capacitatea acesteia, măsurată prin numărul de biți de informație pe care îi poate stoca. Ca unitate de măsură se utilizează octetul (sau „byte” în limba engleză), care este un ansamblu de 8 biți (în realitate sunt cel puțin 9 biți, căci se utilizează un bit de verificare a corectitudinii informației, bitul de paritate, sau pot fi chiar și mai mulți biți, în cazul utilizării codurilor corectoare și detectoare de erori). Se mai poate utiliza ca unitate de măsură a capacității memoriei și în general a unei cantități de informație, cuvântul, precizând numărul de biți (de exemplu, 16 biți, 32 biți, 128 biți, etc.). Se utilizează și multiplii ai octetului, având următoarele relații de transformare:

$$1 \text{ Kocet} = 2^{10} \text{ octeti}$$

$$1 \text{ Mocet} = 2^{20} \text{ octeti}$$

$$1 \text{ Gocet} = 2^{30} \text{ octeti}$$

$$1 \text{ Tocet} = 2^{40} \text{ octeti}$$

respectiv, multiplii ai cuvântului: Kcuvant, Mcuvant, Gcuvant și Tcuvant.

Memoria unui calculator nu este omogenă, din considerente de performanță și cost (costul unei memorii este cu atât mai mare cu cât și performanțele acesteia sunt mai bune). Este necesar să se realizeze un compromis între performanțele memoriei unui calculator și costul acesteia. Din această cauză memoria este realizată ierarhic (fig.1.1.2) și se disting cel puțin următoarele niveluri:

-*memoria de registre* (sau registrele procesorului) este foarte rapidă, având o viteză comparabilă cu viteza de operare a unității aritmetice-logice, dar evident și costul acesteia este foarte mare. Aici se păstrează în general operații care se prelucurează la un moment dat. Capacitatea acestui nivel este redusă, fiind de câteva zeci sau sute de octeți.

-*memoria intermediară* (sau memoria „cache”) este rapidă, dar ceva mai lentă decât memoria de registre și păstrează fragmente de cod și date care sunt necesare sistemului de calcul la momentul curent, fiind înlocuite cu noi fragmente pe măsură ce execuția programului avansează.

Capacitatea memoriei intermediare se situeaza aproximativ intre limitele 16 Kocteti si 1 Moctet.

-*memoria principala* (sau memoria operativa) este de asemenea rapida, dar mai lenta decat memoria intermediara. Aici se pastreaza, in principiu, intregul program aflat in executie si datele corespunzatoare. Capacitatea memorie principale pentru sistemele secventiale este aproximativ 16 Mocteti – 1 Goctet. Primele trei niveluri de memorie formeaza impreuna memoria interna a sistemului de calcul.

-*memoria secundara* (sau memoria externa) este reprezentata prin echipamente periferice de memorare, avand o capacitate nelimitata. Cele mai utilizate astfel de echipamente sunt diferitele tipuri de unitati de disc (disc flexibil sau „floppy disk”, disc dur, sau „hard disk”), unitati de discuri optice (CD-ROM, DVD), unitati de benzi magnetice si casete magnetice.

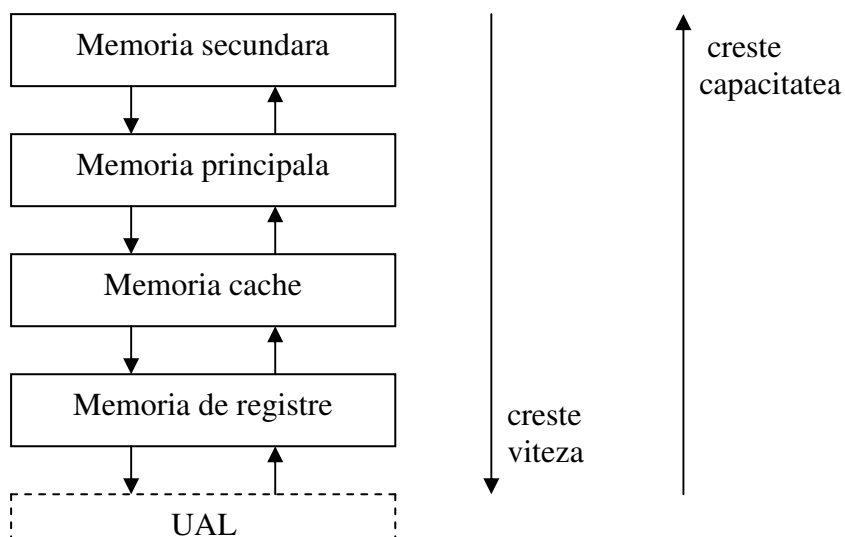


Fig.1.1.2 Organizarea ierarhica a memoriei.

**Unitatea aritmetica-logica** (UAL) efectueaza toate operatiile aritmetice si logice din calculator. Astfel, aici se executa operatiile logice cum sunt operatiile NU, SAU, SI, SAU-EXCLUSIV, etc. Tabelele de adevar pentru aceste operatii sunt prezentate in continuare:

x	NU x
0	1
1	0

x	y	x SAU y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

x	y	x SI y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

x	y	x SAU-EX y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Operatiile aritmetice cuprind evident operatiile aritmetice de baza (adunare, scadere, inmultire si impartire) pentru numere cu diferite precizii de reprezentare.

**Unitatea de iesire (UE)** permite furnizarea in exterior a rezultatelor prelucrarilor, realizand conversia din formatul intern binar intr-un format extern. Exista doua categorii de formate externe:

-prima categorie de formate se adreseaza direct utilizatorului uman si este reprezentata prin numere, texte, grafice, imagini, sunete. In acest caz, unitatea de iesire este reprezentata prin echipamente periferice de iesire si interfetele acestora.

-a doua categorie de formate este reprezentata de semnale electrice, destinate actionarii de echipamente. In acest caz, unitatea de iesire este implementata prin module speciale, continand circuite convertoare numeric-analogice (CNA), care convertesc rezultatele numerice in semnale electrice (la calculatoarele de proces). Astfel, din procesul tehnologic se culeg informatii de interes cu ajutorul unor traductoare care transforma marimile fizice cum sunt presiunea, temperatura, etc. in semnale electrice, ce sunt apoi convertite in valori numerice binare prin intermediul unor module continand convertoare analog-numerice (CAN), aflate in unitatea de intrare. Datele achizitionate sunt prelucrate conform algoritmului implementat, iar rezultatele numerice sunt apoi transformate in semnale electrice, care actionand o serie de echipamente regleaza procesul tehnologic controlat.

**Unitatea de comanda (UC)** controleaza functionarea celorlalte unitati ale sistemului de calcul. Controlul se face conform cerintelor utilizatorului, specificate prin intermediul programului memorat si aflat in curs de executie. Caracterul secvential al unui astfel de sistem de calcul rezulta din modul de executie a unui program. Astfel, unitatea de comanda citeste din memorie instructiunea curenta (faza de fetch), o decodifica (faza de decodificare), citeste operanzii daca acestia sunt necesari (faza de citire operanzi), executa operatia ceruta de instructiune (faza de executie), iar apoi trece la executia instructiunii urmatoare, parcurgandu-se aceleasi faze (de remarcat cele patru faze necesare executiei unei instructiuni!). Astfel programul este executat instructiune cu instructiune, deci intr-o maniera secventiala. Chiar daca la sistemele de calcul uniprocessor actuale se realizeaza anumite suprapuneri intre fazele de executie a instructiunilor, in primul rand suprapunerea fazei de executie a instructiunii curente cu faza de citire a instructiunii urmatoare, se considera ca si aceste sisteme sunt de asemenea secventiale.

In constructia sistemelor de calcul actuale se utilizeaza microprocesoare. Un microprocesor este un circuit integrat pe scara foarte larga (cu un numar foarte mare de componente elementare pe pastila de siliciu) care implementeaza total sau partial functii ale unor unitati din calculator, in primul rand functiile unitatii de comanda si ale unitatii aritmetice-logice . Deci microprocesorul este in primul rand UC+UAL. Dar majoritatea microprocesoarelor integreaza si functii ale altor unitati functionale, de exemplu, integreaza intotdeauna din cadrul UM nivelul memorie de registre, iar uneori cel putin o parte a nivelului memoriei cache. Unele microprocesoare integreaza si functii ale UI+UE avand capabilitati de comunicatie cu exteriorul (de exemplu interfata seriala).

Primul microprocesor comercial a fost realizat in anul 1971 de firma Intel (Intel 4004, pe 4 biti). Dezvoltarea microprocesoarelor a fost din ce in ce mai rapida, datorita concurentei puternice de pe piata de componente. Cateva exemple mai semnificative de microprocesoare, grupate in functie de lungimea cuvintului prelucrat:

- microprocesoare pe 8 biti: Intel 8080, Zilog Z80, Motorola 6800;
- microprocesoare pe 16 biti: Intel 8086, Zilog Z8000, Motorola 68000;
- microprocesoare pe 32 biti: Intel 80386 (primul microprocesor pe 32 biti), Motorola 68030, Intel Pentiu (intern pe 32 biti, magistrala externa de date pe 64 biti);
- microprocesoare pe 64 biti: UltraSPARC de la firma Sun.

### **Subsistemul software**

Subsistemul software este reprezentat prin totalitatea programelor si structurilor de date. Primele calculatoare electronice au fost programate initial direct in cod masina (secvente de biti 0 si 1), ceea ce facea ca aceasta activitate sa fie deosebit de laborioasa. Apoi, anumite secvente de biti care se repetau au fost reprezentate prin nume simbolice, care erau translatate automat in cod masina, aparand astfel primele limbaje de programare. Limbajele de programare au evoluat continuu, ajungandu-se la multitudinea de limbaje de astazi.

Se poate face o clasificare a limbajelor de programare. Exista doua mari categorii:

- limbaje de nivel coborat;
- limbaje de nivel inalt.

*Limbajele de nivel coborat* sunt specifice fiecarui tip de calculator. Un astfel de limbaj desemneaza operatii elementare la nivelul cel mai de jos al masinii fizice, facand referiri directe la locatii de memorie, registre ale procesorului, porturi de intrare/iesire. Programarea intr-un astfel de limbaj presupune din partea programatorului o cunoastere buna a structurii sistemului de calcul. Avantajul programelor scrise in aceste limbaje este viteza superioara de executie.

*Limbajele de nivel inalt* sunt universale. Programele scrise in aceste limbaje se pot executa pe aproape orice tip de calculator. Un astfel de limbaj desemneaza operatii complexe asupra datelor, facand abstractie de structura fizica a sistemului de calcul, ceea ce permite programatorului sa se concentreze mai mult pe problema de rezolvat. Limbajele de nivel inalt se pot clasifica la randul lor in cateva categorii, in functie de natura prelucrarilor:

- limbaje pentru calcule tehnico-stiintifice, avand un volum mare de calcule si un volum relativ mic de date, cum sunt ALGOL, FORTRAN, BASIC, PASCAL, C;

- limbaje pentru calcule economice, cu un volum mic de calcule, dar un volum mare de date, exemple: COBOL, DBASE, FOXPRO, SQL;

- limbaje de timp real (pentru programarea unor evenimente in concordanta cu timpul real al utilizatorului), cum sunt RTL/2 si PASCAL Concurrent;

- limbaje pentru calcule nenumerice, aici fiind incluse limbajele inteligentei artificiale, ca de exemplu LISP si PROLOG.

Software-ul unui calculator poate fi clasificat in doua mari categorii:

- software de aplicatii;
- software de baza.

Software-ul de aplicatii este reprezentat prin programe de aplicatii care permit rezolvarea unor probleme practice din diferite domenii de utilizare. Aceste programe sunt scrise in general de catre utilizatorii sistemului de calcul, iar programele mai complexe de catre firme specializate de software.

Software-ul de baza permite o utilizare eficienta si comoda a sistemului de calcul, fiind scris in general de catre constructorii sistemului de calcul sau de firme specializate. Sistemul de operare este un ansamblu de programe ce realizeaza gestiunea resurselor calculatorului. Principalele functii ale sistemului de operare sunt:

- exploatarea eficienta a echipamentelor;
- rezolvarea conflictelor ce apar intre utilizatori sau task-uri (cereri simultane pentru aceleasi resurse);
- gestiunea procesorului central (evidenta starii proceselor, sincronizarea proceselor, alocarea procesorului);
- gestiunea echipamentelor periferice (urmarirea starii echipamentelor periferice, alocarea si eliberarea acestora, initierea operatiilor de intrare / iesire);
- gestiunea memoriei interne (alocarea zonelor de memorie, securitatea acestora);
- comunicarea utilizatorului cu sistemul de calcul printr-un limbaj de comanda (comenzile sistemului de operare, exemplu Unix) sau in mod grafic (exemplu Windows);
- contabilizarea automata a lucrarilor;
- intocmirea automata a unor statistici privind aparitia defectelor;
- lansarea in executie a unor programe de test la momente bine stabilite.

## 1.2 Istoric

**Momente timpurii.** In jurul anului 500 i.H. a fost construit in China antica abacul, un dispozitiv rudimentar de calcul.

In evul mediu au fost realizate cateva calculatoare mecanice, dintre care s-au remarcat:

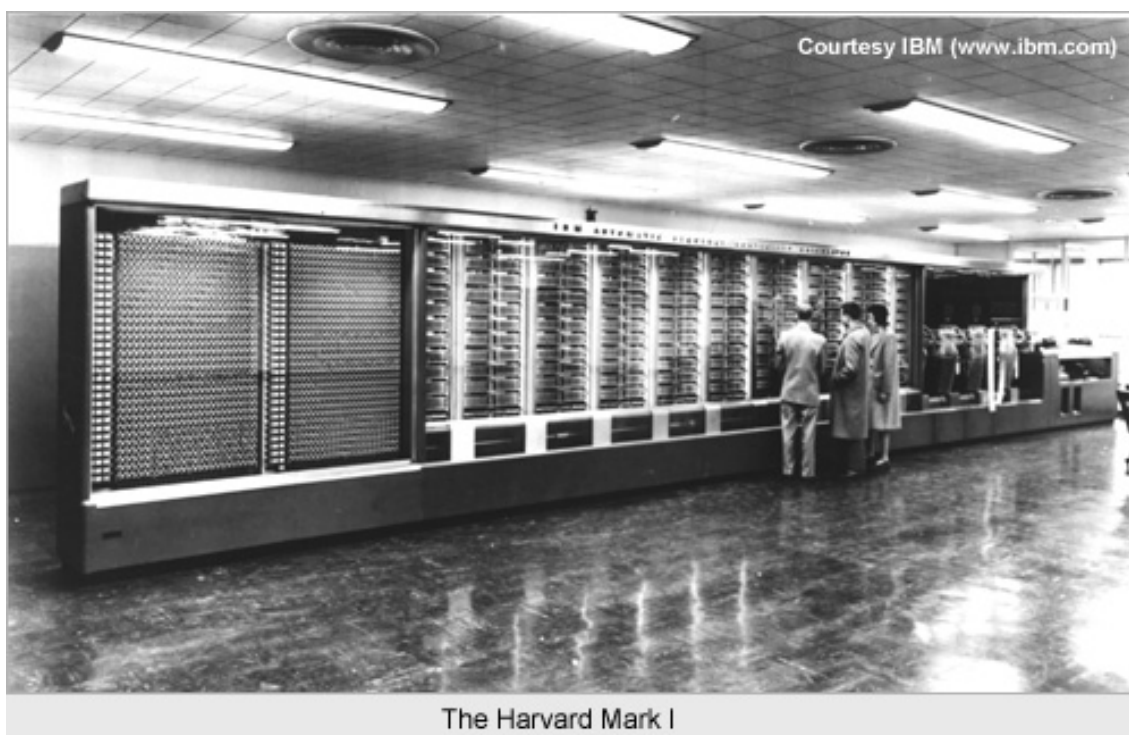
- in 1617 John Napier construiește un dispozitiv asemanator riglei de calcul;
- in 1642 fizicianul francez Blaise Pascal realizeaza o masina de adunat;
- in 1671 Gottfried Wilhelm von Leibniz pune la punct prima masina mecanica pentru operatia de inmultire;

Mai aproape de zilele noastre profesorul de la Universitatea din Cambridge, Charles Babbage, lucrând pentru perfectionarea tabelelor de logaritmi, a realizat in anul 1823 masina diferentia, care utilizeaza cartele perforate. In 1830 incepe lucrul la un alt echipament, masina analitica, importanta acesteia constand in introducerea unor concepte noi, cum sunt: program, subprogram, memorie, unitate aritmetica.

**Calculatoare electronice.** In anul 1943 guvernul britanic a finantat realizarea primului calculator electronic Colossus, in mare secret, pentru

decodificarea mesajelor germane in timpul celui de-al doilea razboi mondial.

Pe data de 7 august 1944 Howard Aiken de la Universitatea Harvard, in colaborare cu IBM (International Business Machines) si Bell Telephone lanseaza Mark I, un calculator electro-mecanic utilizat pentru calculul traiectoriilor balistice.



O echipa condusa de Eckert si Mauchly de la Universitatea din Pennsylvania, avand drept consultant pe John von Neumann, realizeaza in anul 1946 calculatorul bazat pe aproximativ 30.000 tuburi electronice, ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer). Sistemul dispunea de mai multe elemente de calcul care lucrau in paralel si o singura unitate de comanda.

In iunie 1945 o echipa condusa de von Neumann finalizeaza sistemul EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer), care dispunea de o singura unitate de calcul, suficienta datorita vitezei mari a componentelor electronice si pastra programele in memorie. Cu aceasta ocazie von Neumann publica o lucrare intitulata „Prima schita de raport asupra EDVAC”, in care sunt evidentiata unitatile functionale ale unui calculator secvential.

Ar trebui amintite aici inca doua realizari importante si anume, in anul 1951 UNIVAC I, primul calculator comercial (firma infiintata de



Eckert si Mauchly), iar in 1952 sistemul IAS (Institute for Advanced Studies), realizat de von Neumann la Institutul Princeton.

**Dezvoltarea tehnicii de calcul in Romania.** Primul calculator electronic din Romania a fost realizat in anul 1957 de un colectiv condus de dr.ing. Victor Toma si numit CIFA 1 (Calculator al Institutului de Fizica Atomica), cu tuburi electronice. A urmat apoi CIFA 101.

La Timisoara in 1961 este realizat MECIPT 1 (Masina Electronica de Calcul Institutul Politehnic Timisoara) cu tuburi electronice, iar ceva mai tarziu MECIPT 2 si 3, cu tranzistoare.

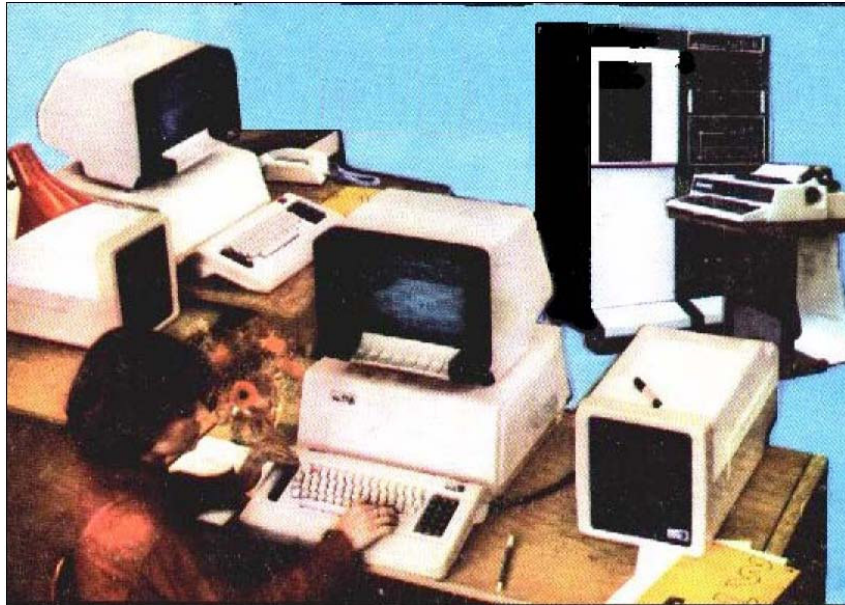
In anul 1966 la Cluj a fost construit DACICC 1.

Bazele industrie de calculatoare au fost puse in tara noastra in anul 1970 prin construirea Fabricii de Calculatoare Bucuresti si intrarea in productie de serie a sistemului Felix C256, dupa o licenta franceza.



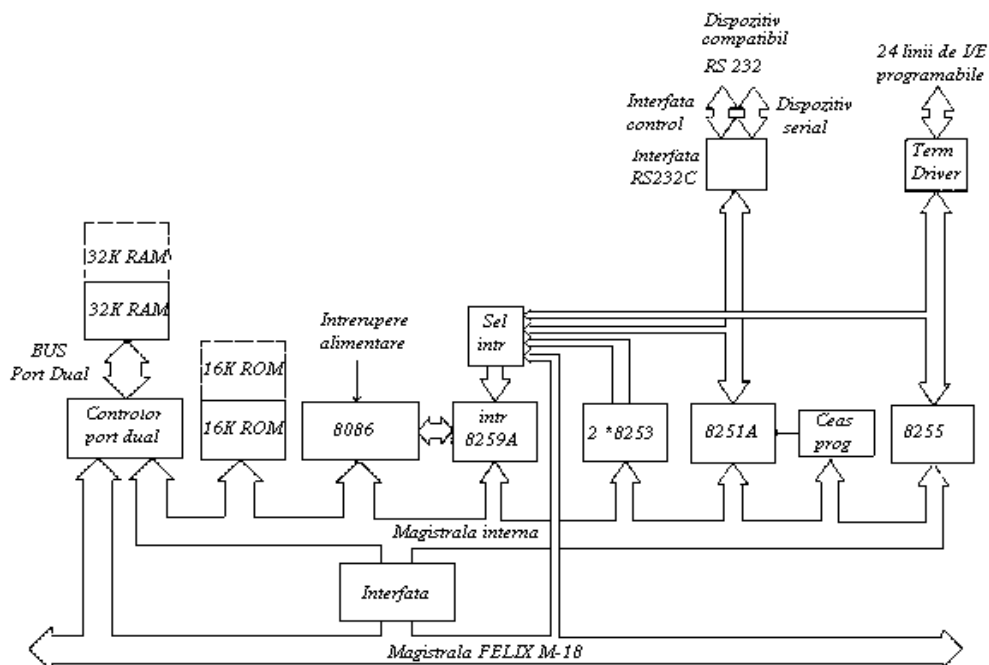
Dintre produsele de succes ale acestei intreprinderi ar trebui amintite urmatoarele:

-FELIX M18, M18B, M118, cu microprocesor Intel 8080 la 2 MHz, 64 Kocteti de memorie interna, display grafic de 512x256 pixeli (numai la M118), unitati de disc flexibil de 8", sistem de operare CP/M si SFDX-18;



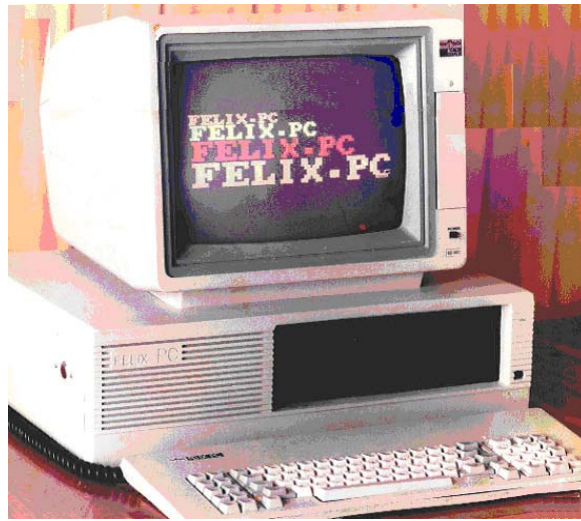
-CUB-Z, cu microprocesor Zilog Z80 la 2.5 MHz, 64 Kocteti de RAM, display grafic 512x256 pixeli, sistem de operare CP/M;

-FELIX M216, sistem biprocesor cu 8086 si 8080, memorie RAM de 128 Kocteti, extensibila pana la 1 Moctet, display grafic color de 512x512 pixeli;



-FELIX PC, realizat cu microprocesor Intel 8086 (8088), coprocesor matematic 8087, memorie RAM de 256 Kocteti, extensibila la 640 Kocteti

pe placa de baza, unitati de disc flexibil de 5 $\frac{1}{4}$ ", sistem de operare MS-DOS;



-CORAL 4030, cu microprocesor bit-slice, structura microprogramata, memorie de 4 Mocteti, sistem de operare RSX-11;

-HC-85, destinat utilizarii acasa sau in scoli, cu microprocesor Zilog Z80, 64 Kocteti de RAM, interfata cu unitate de caseta magnetica audio (casetofon audio), afisare pe televizor si interpretor BASIC;



-FELIX 5000, calculator de capacitate medie pe 32 de biti, compatibil software cu sistemele FELIX C256, C512, C1024, unitate centrala de prelucrare microprogramata, memorie RAM de 4 Mocteti, sistem de operare HELIOS si U (Unix).

## Generatii de calculatoare

Sistemele de calcul construite incepand inca din anii '40 si pana in zilele noastre se pot grupa in functie de nivelul tehnologic in asa numitele generatii de calculatoare. Astfel se pot delimita urmatoarele generatii:

*Generatia I* (1946-1952) utiliza tuburi electronice, avand o structura serie, cablaj prin fire, cu 10-20 instructiuni simple. Raportul intre timpul pentru o operatie de inmultire si timpul pentru o operatie de adunare  $t_*/t_+=20$ , iar  $t_+ \approx 1-5$  ms. Calculatoarele dispuneau de putine echipamente periferice de tipul cititor / perforator de banda de hartie. Memoria interna era realizata cu tambur magnetic avand 1000-4000 de cuvinte. Programarea se facea direct in cod masina, iar viteza de calcul era mica (sute-mii de operatii / secunda).

*Generatia a II-a* (1952-1963) se remarca prin inlocuirea tuburilor electronice cu tranzistoare cu germaniu si siliciu, oferind astfel un gabarit redus, fiabilitate sporita, putere consumata mai scazuta, siguranta in functionare si tensiuni de alimentare si comanda mai mici. Alte caracteristici: memorie interna cu ferita, cablaj imprimat, tipizarea circuitelor logice (simplificand activitatea de proiectare si depanare). Echipamentele periferice s-au diversificat: tambur magnetic, banda magnetica cu densitate mica de inregistrare, dispozitiv de imprimare, trasator de curbe, dispozitiv de afisare pe tub catodic. Raportul dintre timpul pentru o operatie de inmultire si timpul pentru o operatie de adunare  $t_*/t_+=10$ , iar  $t_+ \approx 40-400$   $\mu$ s. Au aparut si primele limbaje de programare: FORTRAN (FORmula TRANslation) in 1956, ALGOL (ALGORithmical Language) in 1958 si COBOL (Common Business Oriented Language) in 1959.

*Generatia a III-a* (1963-1974) se caracterizeaza prin utilizarea circuitelor integrate pe scara simpla, cablaj multistrat, memorii externe de mare capacitate. Raportul intre timpul pentru o operatie de inmultire si timpul pentru o operatie de adunare  $t_*/t_+=2.5$ , iar  $t_+ \approx 2-5$   $\mu$ s. Limbajele de programare se perfectioneaza, aparand si limbaje noi: PL/1, ALGOL 60-68, FORTRAN IV, COBOL, LISP. In dezvoltarea echipamentelor periferice se remarca pe de o parte imbunatatirea celor existente, iar pe de alta parte construirea de echipamente noi, in special pentru preluarea informatiilor din documentele primare. Apar concepte noi, cum sunt multiprelucrarea, multiprogramarea, microprogramarea, programarea in timp real.

*Generatia 3,5* (1974-1980) se remarca prin utilizarea circuitelor integrate pe scara larga, a memoriilor cu circuite integrate, si a primelor microprocesoare pe 8 si 16 biti.

*Generatia a IV-a* (1980-astazi) utilizeaza in realizarea echipamentelor de calcul circuite integrate pe scara foarte larga (VLSI), avand timpi de comutatie de 1-5 ns, memorii rapide cu timp de acces sub 10 ns. Sunt realizate noi echipamente periferice performante. O alta caracteristica a acestei generatii este interconectarea calculatoarelor in retele.

Se poate vorbi si de viitoarea generatie de calculatoare, *generatia a V-a*. Necesitatea acesteia a aparut datorita performantelor relativ modeste ale sistemelor actuale in aplicatii complexe, care includ prelucrari de imagini, recunoasterea vorbirii, simulare etc. De asemenea, componentele electronice au ajuns aproape de viteza limita de functionare. Tehnologia viitoare pentru implementarea acestei noi generatii se va baza pe circuite integrate pe scara ultra larga (ULSI) si 3D. Arhitectura unui astfel de calculator va cuprinde trei componente de baza: 1) interfata inteligenta cu utilizatorul uman, comunicatia realizandu-se prin limbaj natural, voce, imagini; 2) masina pentru rezolvarea de probleme care sa realizeze singura rationamente logice care sa conduca la solutia problemei; 3) baza de cunostinte cu volum imens si in care cautarea sa se faca rapid, prin hardware.