

Curs 2

Proiectarea cu Microprocesoare

1.2. Ce este un microsistem digital?

- Sistemele de calcul bazate pe microprocesoare sau microcontrolere se numesc microsisteme digitale; există 2 tipuri de echipamente care sunt microsisteme digitale: microcalculatoarele și sistemele de calcul orientate pe aplicații;
- Microprocesorul se poate defini ca fiind un circuit logic programabil de către utilizator, într-o singură capsulă și cu funcție de procesor de uz general;
- Microcontrolerul se poate defini ca un circuit logic, programabil de către utilizator, cu o structură adaptată pentru rezolvarea unei largi game de aplicații de timp real; el nu este folosit ca procesor de uz general ci ca procesor orientat pe aplicații, fiind, în general, inclus în echipamentul pe care îl conduce;
- DSP – prelucrează digital semnale analogice.

Proiectarea cu Microprocesoare

1.3. Istoria microprocesoarelor și microcontrolerelor

■ 1971: primul microprocesor pe 4 biți, al firmei INTEL;

- 10 μm ;
- 2300 tranzistoare;
- 740 KHz;
- 4 Ko memorie de program și 1 Ko memorie de date;
- 100 000 operații/sec.
- 16 pini, capsulă DIP; 0,5 W

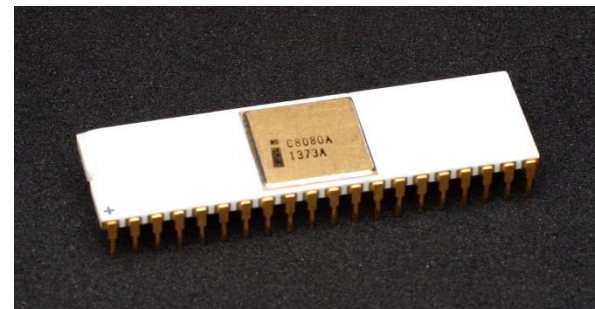


■ 1972: primul microprocesor pe 8 biți, 8008 (INTEL);

■ 1974: 8080, 8085 (INTEL), Z80 (ZILOG), 6800, 6502 (MOTOROLA);

8080:

- 6 μm ;
- 4500 tranzistoare;
- 2 MHz;
- 64 Ko memorie;
- 40 pini, capsulă DIP;
- 0,5 W;



Proiectarea cu Microprocesoare

■ 1978: 8086/8088 (INTEL) → familia x86;

- 3 μm ;
- 29 000 tranzistoare;
- 4,77 MHz;
- 1 Mo memorie;
- 16 biți;
- 40 pini, capsulă DIP;
- 2 W;

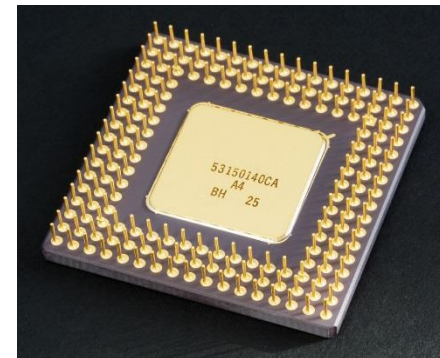


■ 1979: 68000 (MOTOROLA) → familia 680x0;

■ 1982: 80286; 1985: 80386 (INTEL);

■ 1989: 80486 (INTEL):

- 0,6 - 1 μm ;
- 1 200 000 tranzistoare;
- 25 – 100 MHz;
- 4 Go memorie + memorie virtuală;
- 32 biți;
- 168 pini, capsulă PGA;
- Memorie cache internă;
- Coprocesor matematic intern;
- 2,5 W;



Proiectarea cu Microprocesoare

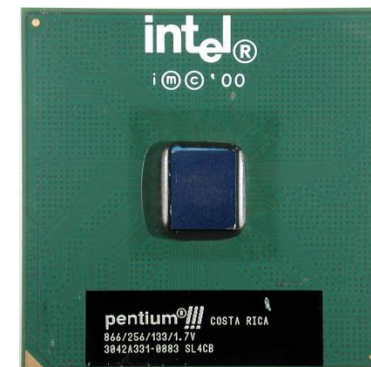
■ 1993: Pentium I:

- 0,8 – 0,35 μm ;
- 3 200 000 – 4 500 000 tranzistoare;
- 60 – 300 MHz;
- 296 pini, capsulă PGA;
- Arhitectură superscalară;
- Predicția dinamică a ramificărilor;
- 8 – 17 W;

■ 1995: Pentium Pro; 1997: Pentium II;

■ 1999: Pentium III:

- 0,25 – 0,18 μm ;
- 9 500 000 – 28 000 000 tranzistoare;
- 450 – 1 000 MHz;
- 330 pini, capsulă SECC2;
- 2 nivele de memorie cache;
- Microarhitectură de tip P6 care asigură execuția dinamică a instrucțiunilor ("out of order");
- 14 – 44 W;



Proiectarea cu Microprocesoare

■ 2002: Pentium IV:

- 65 – 180 nm;
- 42 000 000 – 178 000 000 tranzistoare;
- 1,4 – 3,8 GHz;
- 32/64 biți;
- 478 pini, capsulă PGA;
- 6 000 000 000 operații/sec.;
- 21 – 115 W;
- ≈ 4 Gflops;

■ 2003: Pentium M; 2006: Core 2 Duo;

■ 2008: Core i7:

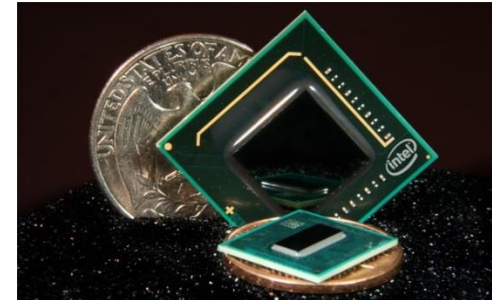
- 45 nm;
- 4 nuclee x86;
- 731 000 000 tranzistoare;
- 2,66 – 3,33 GHz;
- 32/64 biți;
- 1366 pini, capsulă LGA;
- 3 nivele de memorie cache;
- ≈ 120 Gflops;
- 45 – 130 W



Proiectarea cu Microprocesoare

■ 2008: Atom:

- 45 nm;
- 47 000 000 tranzistoare;
- 0,8 – 1,86 GHz;
- 32/64 biți;
- 441 pini, capsulă FCBGA;
- 1,4 – 13 W;
- Low voltage: 0,7 – 1,1 V;



■ 2009: Core i5:

- 4 nuclee x86;
- 781 000 000 tranzistoare;
- 2,4 – 3,6 GHz;
- 64 pini;
- 17 – 37 W;



■ 2010: Core i3:

- 2 nuclee x86;
- 781 000 000 tranzistoare;
- 2,93 – 3,33 GHz;
- 64 pini;
- 35 – 65 W;



Proiectarea cu Microprocesoare

■ Evoluția microprocesoarelor:

- Dimensiunea tranzistorului: $10\ \mu\text{m} \rightarrow 45\ \text{nm}$;
- Nr. de tranzistoare: $2300 \rightarrow 781\ 000\ 000$;
- Frecvența: $740\ \text{KHz} \rightarrow 3,8\ \text{GHz}$;
- Nr. de pini: $16 \rightarrow 1366$;
- Putere: $0,5\ \text{W} \rightarrow 130\ \text{W}$;
- Viteza de execuție: $100\ 000\ \text{operații/sec.} \rightarrow 120\ \text{Gflops}$;
- Dimensiunea cuvântului: $4\ \text{biți} \rightarrow 64\ \text{biți}$.

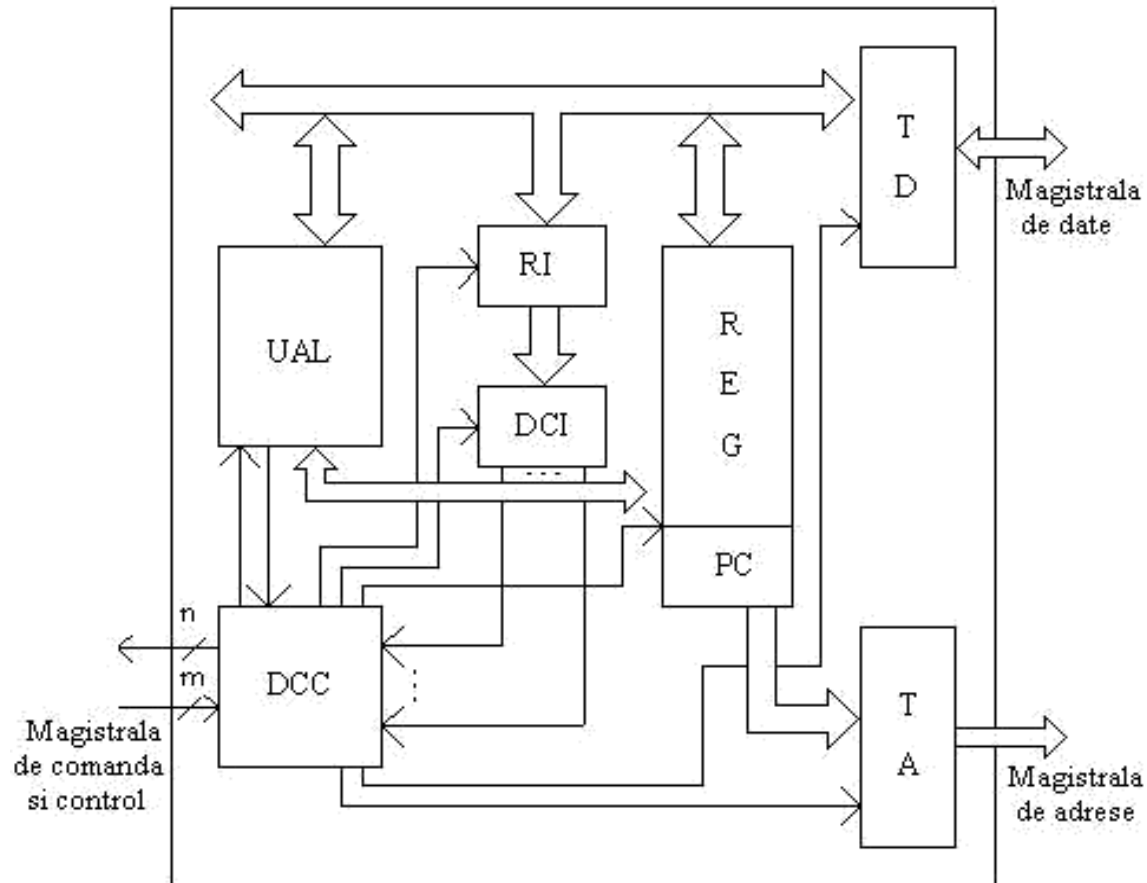
■ Microcontrolere:

- 1981: primul PC conținea microcontrolerul 8048 în tastatură;
- există microcontrolere pe 4, 8, 16 și 32 biți;
- familii de microcontrolere: mai multe microcontrolere cu același nucleu, de ex. familia 8051;
- producători: PHILIPS, MICROCHIP, MOTOROLA, ZILOG, HITACHI, TEXAS INSTRUMENTS etc.
- Direcții de dezvoltare diferite:
 - microprocesoare: creșterea vitezei, a capacității de memorie adresabile, înglobarea unor facilități pentru lucrul cu limbaje de nivel înalt pentru aplicații de uz general,
 - microcontrolere: au fost optimizate pentru achiziții de date și aplicații de monitorizare și control, în general pentru aplicații de timp real.

Proiectarea cu Microprocesoare

1.4. Structura unui microprocesor și a unui microcontroler

1.4.1. Structura unui microprocesor



Proiectarea cu Microprocesoare

- Resurse externe: magistralele.
- Prin magistrală se înțelege un grup de linii cu caracteristici comune funcționale, logice și electrice și cu posibilitatea de a permite conectarea directă la ea a mai multor blocuri care îndeplinesc, însă, anumite cerințe. Condiții:
 - uniformitate funcțională înseamnă că rolul și scopul liniilor să fie același, uniformitate logică înseamnă nivelul activ al semnalelor să fie același iar uniformitate electrică înseamnă că liniile să aibă aceleași caracteristici electrice;
 - blocuri cu ieșiri cu 3 stări.
- Orice microprocesor are 3 magistrale:
 - de adrese,
 - de date și
 - de comandă și control

Proiectarea cu Microprocesoare

- **Magistrala de adrese:**
 - indică celula de memorie sau circuitul de I/E,
 - ieșiri sau bidirecționale dacă microprocesorul conține memorie cache,
 - capacitatea = 2^n locații, n fiind numărul liniilor de adresă.

- **Magistrala de date:**
 - stabilește “numărul de biți” ai unui microprocesor, 8, 16, 32, 64,
 - bidirecționale, sensul de transfer este stabilit de microprocesor.

- **Magistrala de comandă și control:**
 - indică ce operații va executa microprocesorul, când și cu cine,
 - i se poate comunica faptul că resursele sunt prea lente,
 - i se poate cere să elibereze resursele sistemului,
 - etc.

Proiectarea cu Microprocesoare

■ Resurse interne:

- magistrale interne,
- unitate aritmetică și logică, UAL sau ALU,
- dispozitiv de comandă și control, DCC:
 - pentru controlul tuturor transferurilor interne,
 - pentru controlul tuturor transferurilor externe.
- decodificator al codului instrucțiunii, DCI: coamandă DCC,
- registrul instrucțiunii, RI: memorează temporar instrucțiunile,
- numărător de adrese, PC,
- tampon de date și adrese,
- setul de registre:
 - memorie internă foarte rapidă dar de capacitate mică,
 - caracteristică a arhitecturii unui microprocesor,
 - în strânsă legătură cu setul de instrucțiuni;

Proiectarea cu Microprocesoare

- registre cu funcțiuni generale: pot fi accesate prin intermediul instrucțiunilor, minimizând numărul de accese la memorie: generale, de date, de adrese și de control și stare,
 - registre speciale: conțin informații pentru controlul execuției programelor și pentru realizarea unor facilități.
-
- Probleme specifice ale unui proiectant de microprocesor legate de setul de registre:
 - raportul registre cu funcțiuni generale/ registre speciale (sau, altfel spus: cum se asigură performanță maximă: cu mai multe registre cu funcțiuni generale sau cu mai multe registre speciale?),
 - numărul de registre (cum se asigură performanță maximă: cu mai multe sau cu mai puține registre?).

Proiectarea cu Microprocesoare

■ Alte caracteristici importante ale microprocesoarelor:

□ setul de instrucțiuni:

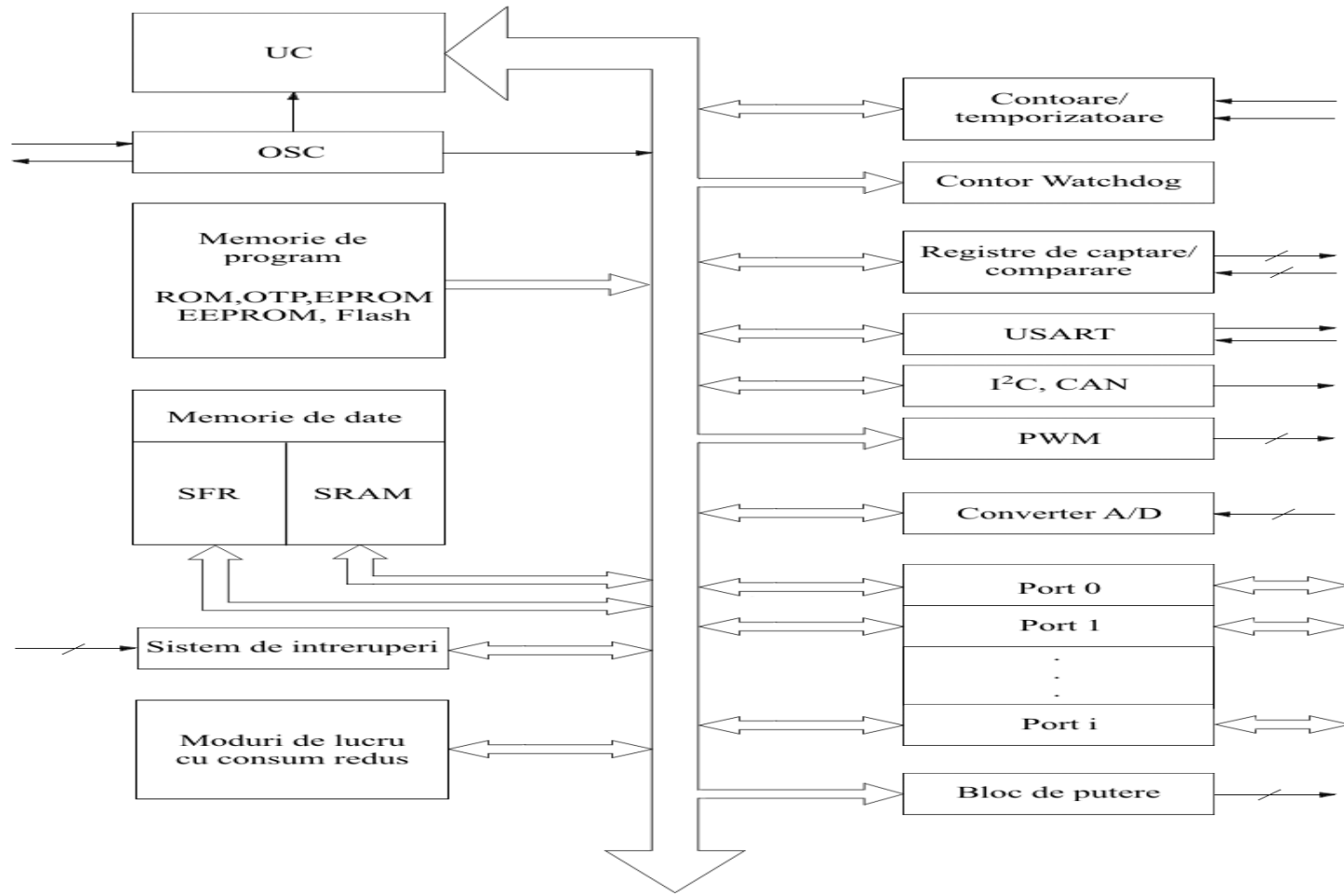
- indică programatorului posibilitățile microprocesorului,
- determină evoluția microprocesoarelor.

□ terminalele:

- comunicarea microprocesorului cu exteriorul,
- legată de posibilitatea de încapsulare: cerințe de număr mare de terminale/ limitări de cost și spațiu:
 - multiplexarea unui număr de terminale: avantaj pentru proiectantul de microprocesor, dezavantaj pentru proiectantul de sistem hardware, larg aplicată la microcontrolere,
 - capsule cu număr mare de terminale:
 - DIL la microprocesoare simple,
 - pe 4 laturi, și mai multe rânduri, la microprocesoarele evaluate cu sute de terminale.

Proiectarea cu Microprocesoare

1.4.2. Structura unui microcontroler

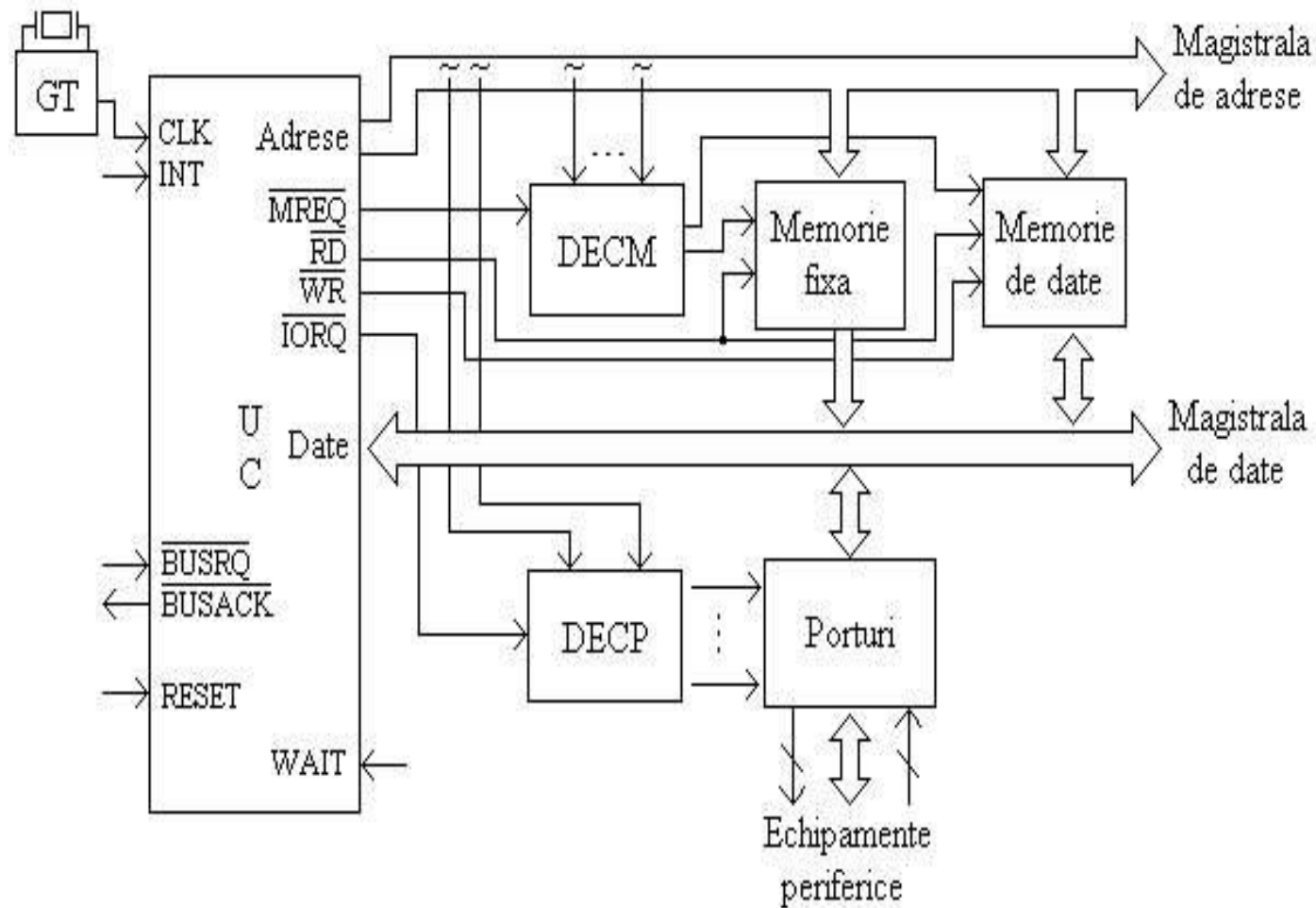


Proiectarea cu Microprocesoare

- Particularități ale proiectării sistemelor cu microcontrolere:
 - permit realizarea de sisteme cu circuite puține, de aici rezultând dimensiuni mici, siguranță în funcționare, fiabilitate, consum redus;
 - întrucât un microcontroler înglobează atât periferie (interfețe seriale, contoare, temporizatoare) cât și porturi care pot fi comandate la nivel de rang, numărul porturilor externe este mic sau chiar nul;
 - întrucât majoritatea microcontrolerelor conțin memorie fixă, microsistemele cu microcontrolere conțin memorie fixă externă doar în 2 cazuri: fie microcontrolerul respectiv nu conține memorie fixă internă, fie memoria fixă internă nu este suficientă, caz mai puțin uzual;
 - dacă aplicația cere memorie RAM de dimensiuni mici, câțiva zeci, eventual sute de octeți, atunci nu va fi necesară nici memorie RAM externă;
 - întrucât microcontrolerele conțin câteva zeci de linii de port, ele se recomandă în aplicații în care operațiile de intrare/ ieșire sunt preponderente;
 - utilizarea microcontrolerelor este recomandată în aplicații, în general, lente;
 - pentru minimizarea consumului se pot utiliza modurile de lucru cu consum redus.

Proiectarea cu Microprocesoare

1.5. Schema bloc a unui microsistem digital



Proiectarea cu Microprocesoare

- Unitatea centrală (UC): microprocesor sau microcontroler + alte circuite (generator de tact, generator al semnalului de inițializare, amplificarea și demultiplexarea magistralelor);
- Memoria fixă:
 - implementată cu circuite ROM, OTP, EPROM, EEPROM sau Flash,
 - memorează programe de sistem sau aplicative,
 - la PC conține doar un set de rutine de bază pentru comunicarea procesorului cu periferia, programe de test, variabile care fixează anumite particularități funcționale și un program încărcător care va încărca sistemul de operare de pe suport extern în memoria de tip RAM și îl va lansa în execuție.
- Memoria de scriere/ citire (RAM):
 - pentru memorări temporare iar la PC și pentru memorarea, în timpul unei sesiuni de lucru, a sistemului de operare,
 - SRAM (RAM static) și DRAM (RAM dinamic).

Proiectarea cu Microprocesoare

- Porturi de intrare/ ieșire:
 - asigură interfața dintre unitatea centrală și echipamentele de intrare/ ieșire,
 - convertește informația din formatul unității centrale în cel al perifericelor și invers.
- Decodificatorul de memorie (DECM):
 - generează semnale de selecție pentru circuitele de memorie,
 - are ca intrări linii din magistrala de adrese.
- Decodificatorul de porturi (DECP):
 - generează semnale de selecție pentru porturi,
 - are ca intrări linii din magistrala de adrese.
- Magistrale externe de adrese, date, comandă și control.

2. Unitatea centrală

2.1. Microprocesorul 8086

- primul microprocesor pe 16 biți care a cunoscut o largă utilizare;
- apariția lui a fost urmată la scurt timp de o familie de componente: generatorul de tact 8284, controlerul de magistrală 8288, coprocesorul matematic 8087 și coprocesorul de intrare / ieșire 8089.
- Caracteristici:
 - registrele interne și magistrala de date externă sunt pe 16 biți;
 - posibilitatea de a adresa direct 1 Mo de memorie;
 - viteză mărită de lucru datorită atât frecvenței tactului cât și unei structuri interne bazată pe conceptul de suprapunere care permite aducerea din memorie, în avans, a instrucțiunilor în timpul unor cicluri fără acces la magistrale;
 - poate acoperi o gamă largă de aplicații datorită celor două moduri de lucru ale sale: minim și maxim,
 - magistralele de date și adrese sunt multiplexate iar o parte dintre terminalele de comandă au rol dublu; aceasta a permis încapsularea circuitului într-o capsulă cu doar 40 terminale.

Proiectarea cu Microprocesoare

■ Moduri de lucru:

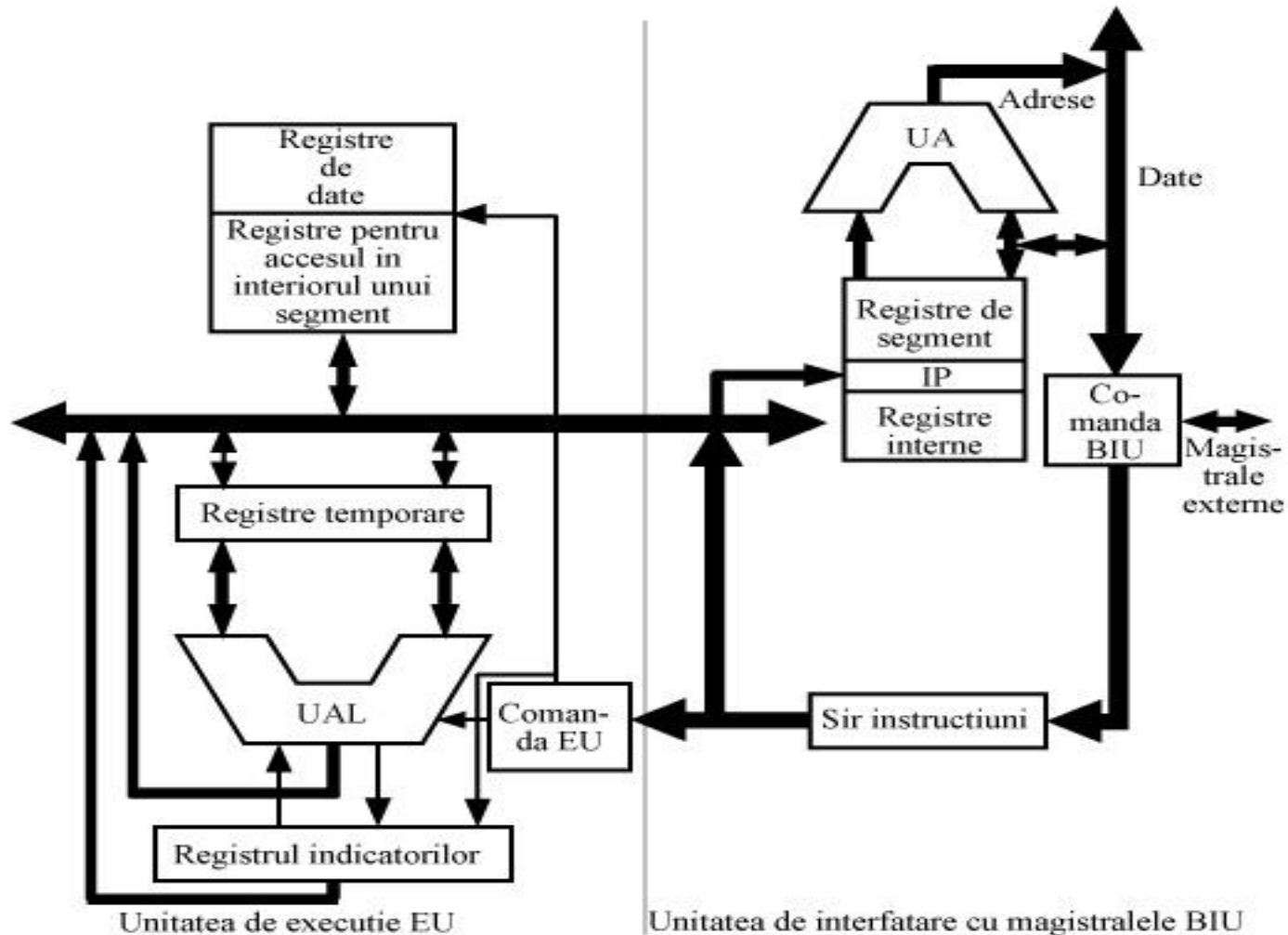
- ❑ minim: pentru aplicații relativ simple, în care microprocesorul generează el însuși semnalele necesare transferurilor cu memoria și cu porturile de intrare/ ieșire;
- ❑ maxim: pentru aplicații complexe, inclusiv sisteme multiprocesor, în care semnalele de comandă pentru memorii și porturi sunt generate de un controler de magistrală;
- ❑ nu oferă privilegii diferite ci ele se recomandă în anumite configurații hardware, pentru tipuri de aplicații diferite;
- ❑ trecerea dintr-un mod în altul se face prin hardware: există terminalul MN/ /MX la care, prin 1 logic se cere modul minim iar prin 0 logic se cere modul maxim;

■ Terminale

- ❑ magistrale multiplexate de adrese/ date;
- ❑ linii de comandă și control cu 2 semnificații.

Proiectarea cu Microprocesoare

■ Structura internă



Proiectarea cu Microprocesoare

■ Setul de registre

AX	7	0	7	0	Registru acumulator
BX		AH		AL	
		BH		BL	Registru de baza
CX		CH		CL	Registru contor
DX		DH		DL	Registru de date
Registre generale					
	15			0	
		CS			Cod
		DS			Date
		SS			Stiva
		ES			Date suplimentare
Registre de segment					
	15			0	
		SP			Indicator stiva
		BP			Registru de baza
		SI			Index pentru sursa
		DI			Index pentru destinatie
Registre pentru accesul in interiorul unui segment					
	15			0	
		IP			Indicator de instructiune
		FLAGS			Registrul indicatorilor

Proiectarea cu Microprocesoare

■ Ciclurile mașină

- ❑ execuția unei instrucțiuni înseamnă o secvență de cicluri mașină;
- ❑ un ciclu mașină durează un număr de stări, minim 4 la 8086, notate cu T1 – T4;
- ❑ un ciclu mașină poate fi extins prin inserarea de stări de așteptare;
- ❑ o stare înseamnă o perioadă de tact.

■ Poate executa 5 tipuri de cicluri:

- ❑ citire date și intrare pentru modul minim;
- ❑ scriere date și ieșire pentru modul minim;
- ❑ citire date și intrare pentru modul maxim;
- ❑ scriere date și ieșire pentru modul maxim;
- ❑ acceptare a unei cereri de întrerupere mascabile.

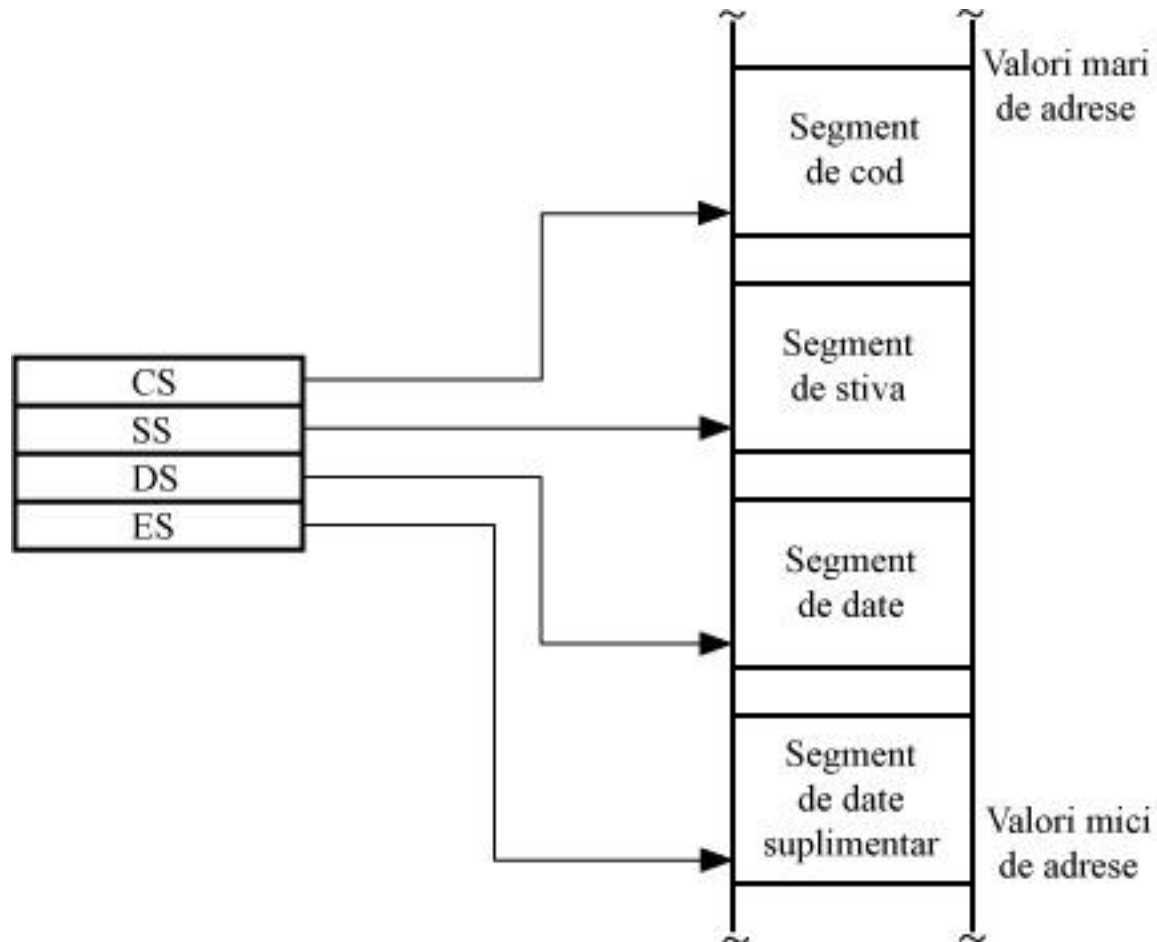
Proiectarea cu Microprocesoare

■ Organizarea și gestionarea memoriei

- capacitatea de memorie direct adresabilă este de 1 MO;
- memoria este gestionată în segmente:
 - avantaje:
 - este facilitată **programarea modulară**; fiecare modul poate ocupa unul sau mai multe segmente putând fi dezvoltat independent unul față de celălalt;
 - facilitează **relocarea dinamică** a programelor; pentru aceasta este necesar ca acestea să nu afecteze conținuturile registrelor segment și să nu facă referire la locații din afara segmentului; programul poate fi plasat oriunde în memorie prin modificarea conținuturilor registrelor de segment;
 - se poate utiliza un **număr mare de stive**, prin plasarea adresei de început a segmentului stivă în registrul SS și a vârfului stivei în SP;
 - dezavantaje:
 - **limitări** în lungimea programelor introduse de dimensiunile segmentelor;
 - adresa fizică se obține din două configurații printr-un mecanism care necesită **timp** deci duce la o scădere a vitezei de lucru.

Proiectarea cu Microprocesoare

■ Un exemplu de segmentare



Proiectarea cu Microprocesoare

■ Sistemul de intrare/ ieșire

- ❑ conectarea porturilor în spațiul de memorie;
- ❑ conectarea porturilor în spațiul de intrare/ ieșire dedicat: suprapus peste primul segment de memorie.

■ Transfer de operanzi pe:

- ❑ 16 biți;
- ❑ 8 biți pe D0-7 (adresă pară de port) sau D8 – 15 (adresă impară de port).

■ Adrese de port pe:

- ❑ 16 biți: se folosește adresarea indirectă prin DX (65536 porturi);
- ❑ 8 biți: se folosește adresarea directă (256 porturi).

■ Instrucțiuni IN și OUT

- ❑ transfer port – registrul AX (16 biți) sau AL, respectiv AH (8 biți).

Proiectarea cu Microprocesoare

- Sistemul de întreruperi
 - întreruperi externe și interne;
 - 256 întreruperi, accesul la rutina de tratare este vectorizat.
- Tabela vectorilor de întrerupere: primii 1024 octeți:

Tip	Intrare	Adresă
Eroare la divizare	0	00000H
Pas cu pas	1	00004H
Întrerupere nemascabilă	2	00008H
Breakpoint	3	0000CH
Rezervat	4	00010H
Depășire	5 – 31	00014H – 0007CH
Disponibil	32 – 255	00080H – 003FCH
Instrucțiuni	0 - 255	00000H – 003FCH

Proiectarea cu Microprocesoare

- Întreruperi externe:
 - mascabile:
 - prin INTR;
 - generate de un controler de întreruperi 8259A;
 - sistemul de întreruperi trebuie să fie activat ($IF = 1$);
 - max. 224 nivele, începând cu intrarea 32.
 - nemascabile:
 - prin NMI;
 - predefinită de tipul 2.
- Întreruperi interne:
 - generate de instrucțiunile INT nn;
 - predefinite, autogenerate ca urmare a unor evenimente interne deosebite.
- Timpul de procesare: 50 – 61 perioade de tact.
- Prioritate implicită: eroare la divizare, INT nn, INTO, NMI, INTR și pas cu pas.