

# Lucrarea 1 - Structura unui calculator. Masurarea performantei unui calculator

## 1. Scopul lucrării:

În lucrare se prezintă arhitectura calculatoarelor personale compatibile IBM-PC, ca un exemplu de implementare a sistemelor de calcul bazate pe microprocesoare. Sunt evidențiate componentele de bază ale sistemului (procesor, memorie, interfețe de intrare/ieșire și dispozitive periferice) și modul de interconectare a acestora. Totodată, această lucrare include și concepte teoretice de bază despre măsurarea performanței unui sistem de calcul prin folosirea aplicațiilor de tip benchmark.

## 2. Considerații teoretice

### 2.1 Schema de principiu a unui calculator compatibil IBM-PC AT

Un calculator personal este un sistem de calcul a cărei funcționalitate, și implicit arhitectura internă, este adaptată utilizării de către o singură persoană. Primele calculatoare de acest tip aveau caracteristici de performanță modeste (frecvența ceasului – 2MHz, memorie – 64ko); însă, evoluția rapidă a tehnologiei microelectronice materializată prin procesoare integrate de mare viteză și memorii de capacitate mare la un preț rezonabil, au dus la transformarea acestor sisteme din simple curiozități tehnice în suport hardware pentru majoritatea programelor de aplicație dezvoltate astăzi. La această schimbare radicală a contribuit în egală măsură și introducerea și utilizarea intensiva a rețelelor de calculatoare. Astfel devine mai avantajoasă utilizarea unui număr de calculatoare personale conectate în rețea decât utilizarea unui singur calculator de mare performanță și cu un număr echivalent de terminale. Avantajele primei variante sunt: raport preț/performanță mai bun, fiabilitate sporită (defectarea unui calculator nu duce la oprirea întregului sistem), interfața grafică utilizator mult mai performantă, scalabilitate, etc.

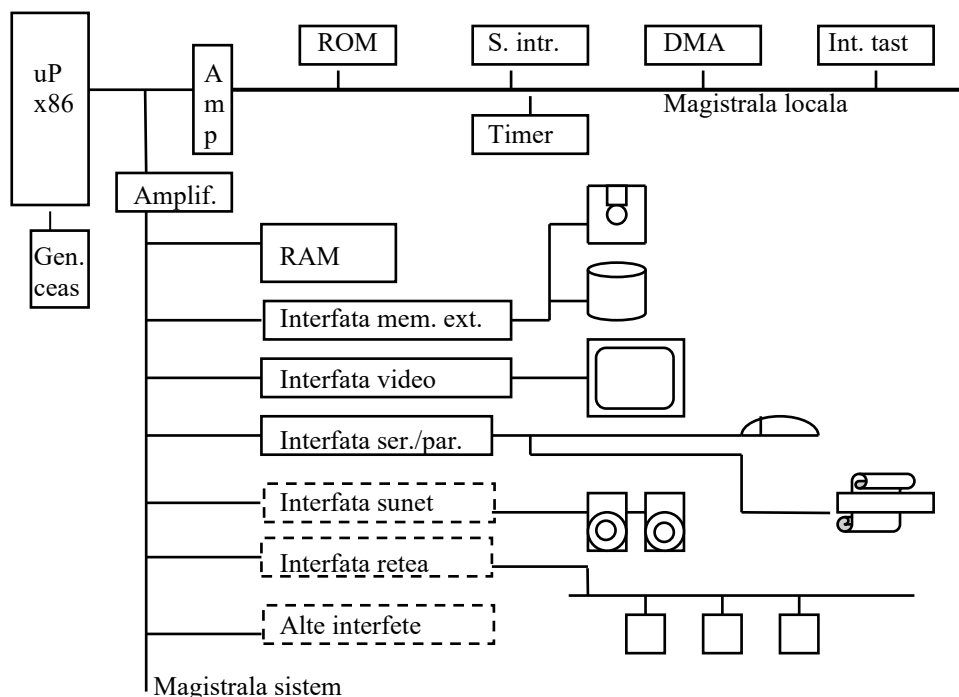


Figura 1. Structura internă a unui calculator IBM-PC AT

În Figura 1 s-a reprezentat structura internă a unui calculator compatibil IBM-PC AT. În decursul anilor această structură a suferit o serie de modificări cum ar fi: adăugarea de noi magistrale specializate (EISA, VESA, PCI, PCI-ex), integrarea într-un singur circuit a mai multor componente, adăugarea de noi interfețe, etc. Aceste adăugări s-au făcut astfel încât să

se pastreze compatibilitatea de jos in sus cu versiunile constructive anterioare si sa nu se modifice imaginea pe care o are programatorul asupra calculatorului (adrese de porturi, registre de control si stare pentru interfete, alocarea intreruperilor, alocarea canalelor DMA, organizarea spatiului de memorie, etc.)

Componentele arhitecturii de baza sunt:

- Procesorul – ‘286, 386, 486, Pentium, Pentium Pro, etc.; la sistemele ‘286 si ‘386 poate sa existe un coprocesor matematic (Intel x87);
- Generatorul de ceas – genereaza semnalele de sincronizare ale sistemului (semnale: CLK, PCLK, OSC)
- Amplificatoarele de magistrala – adapteaza semnalele procesorului la cerintele de incarcare ale unei magistrale TTL;
- Magistrala locala – utilizata initial pentru conectarea componentelor aflate pe placa de baza
- Magistrala sistem – utilizata pentru conectarea interfetelor de intrare/iesire si a memoriei RAM
- ROM – memoria nevolatila care pastreaza nucleul sistemului de operare DOS, numit BIOS
- Memoria RAM – interna (1-64Mo) care pastreaza programele si datele in curs de executie
- Sistemul de intreruperi – contine doua controloare de intreruperi de tip I8259A care gestioneaza 16 linii de intrerupere hardware
- DMA – sistemul de acces direct la memorie – contine doua controloare DMA de tip 8237, care gestioneaza 8 canale de acces direct la memorie
- Timer – controlor de tip timer/counter (I8254) – folosit ca generator cu frecventa controlata in diferite scopuri: generarea ciclurilor de “refresh”, generator de ceas de timp-real, generator de sunete, etc.
- Interfata de tastatura – permite conectarea unei tastaturi inteligente (care are incorporat un microcontrolor )
- Interfata pentru memoria externa – permite conectarea unor dispozitive periferice pentru stocarea datelor: unitati de disc flexibil, unitati de disc rigid, unitati de disc optic, caseta magnetica, etc.)
- Interfata video – permite conectarea unui dispozitiv de vizualizare de tip monitor;
- Interfata seriala si paralela – permite transferul de date pe canale seriale si respect paralele; interfata seriala se foloseste pentru: conectarea unui dispozitiv de tip mouse, pentru comunicatia pe linii telefonice (prin Modem), sau pentru realizarea unei legaturi punct-la-punct cu un alt calculator; interfata paralela se foloseste pentru conectarea unei imprimante, sau mai rar pentru conectarea a doua calculatoare.

Alte interfete optionale:

- interfata de sunet (ex. sound blaster)
- interfata de retea (ex: Ethernet)
- interfete utilizator – folosite pentru aplicatii speciale cum ar fi: achizitie de date digitale si analogice, achizitie de imagini, etc.

## **2.2 Interfete si dispozitive de intrare/iesire**

Interfetele si dispozitivele de intrare/iesire ale unui calculator personal sunt adaptate pentru modul de lucru cu un singur utilizator. De exemplu: exista o singura intrare de tastatura si se foloseste o singura interfata de afisare. Informatiile afisate se pastreaza intr-o zona de memorie direct accesibila procesorului. Astfel pot fi implementate aplicatii care necesita o viteza mare de schimbare a informatiilor afisate. In cazul sistemelor multi-utilizator interfata utilizator este asigurata de mai multe dispozitive inteligente de tip display care incorporeaza o tastatura si un dispozitiv de afisare; legatura cu calculatorul gazda se realizeaza prin canale

seriale. Viteza de schimbare a informatiilor afisate este limitata de viteza relativ mica a canalului serial.

Configuratia tipica de dispozitive si interfete de intrare/iesire pentru un calculator personal este urmatoarea: tastatura, monitor de vizualizare, unitate de disc flexibil , unitate disc rigid, unitate de disc optic, dispozitiv de indicare (mouse), imprimanta, interfata de retea, sistem audio (interfata soundblaste si boxe).

Tastatura este compusa dintr-o matrice de contacte (taste) si un microsistem bazat pe un microcontrolor. Microsistemul are rolul de a detecta eventualele contacte inchise (taste apasate) si de a transmite aceasta informatie sistemului de calcul. La calculatorul IBM-PC comunicatia dintre tastatura si calculator se realizeaza printr-o legatura seriala sincrona. Alimentarea tastaturii se face de la calculator prin cablul de comunicatie (prin semnale separate de alimentare).

Unitatea pentru discuri flexibile permite citirea si scrierea de informatii pe un suport care poate fi usor transportat. Acest dispozitiv faciliteaza instalarea pe sistem a unor noi programe de aplicatie si chiar a sistemului de operare. De asemenea permite schimbul de informatii intre calculatoare intre care nu exista o legatura fizica. In decursul anilor s-au folosit mai multe standarde pentru discurile flexibile: 8 inch, 5 inch, 3 inch, codificare FM, MFM, RLL, capacitate 128ko, 320ko, 1,2 Mo, 1,44Mo etc. Aceste variante reprezinta pasi in evolutia tehnologiei de inregistrare a informatiilor digitale pe suport magnetic.

Unitatea de disc rigid (hard-disk) are rolul de a pastra programe si date care sunt folosite in mod uzual intr-un anumit sistem de calcul. Tot pe hard-disk se pastreaza de obicei si sistemul de operare al calculatorului, care se incarca la initializarea sistemului. Mai nou o parte a spatiului de pe disc se poate utiliza pentru extinderea memoriei interne prin tehnica denumita memorie virtuala.

Unitatea de disc optic permite citirea informatiilor digitale inregistrate pe un suport optic. Ca si functionalitate aceasta unitate se situeaza intre unitatea hard-disk si cea de disc flexibil: informatiile inregistrate pe discul optic pot fi transportate intre calculatoare, capacitatea de memorare (760 Mo) este cu citeva ordine de marime mai mare decit cea a discului flexibil, dar este mai mica decit capacitatea obisnuita a unui hard-disk. Exista unitati care permit atat citirea cit si scrierea discului optic, dar majoritatea calculatoarelor dispun numai de unitati de citire. Scrierea discului este mai dificila, nu se poate face interactiv si necesita un program special. Scrierea se face secvential pe tot discul sau pe o portiune a sa (inscriere multisesiune). Exista diferite standarde pentru viteza de transmisie a datelor citite: X4, X8, X32, X40, X48, etc.

Monitorul video are rolul de a afisa rezultatele executiei unui program precum si informatiile de operare. Partea "inteligenta" a iesirii video este interfata video. Exista mai multe standarde pentru implementarea interfetei video: MGA, CGA, EGA, VGA si SVGA. Diferentele constau in: rezolutie pe orizontala (320-1024 puncte), rezolutie pe verticala (200-800 puncte), paleta de culori (2-256 culori) si facilitati de citire/scriere a informatiilor grafice. Primele 3 variante de interfata genereaza semnale digitale, iar ultimele semnale analogice. De obicei tipul monitorului trebuie sa fie in concordanta cu tipul interfetei video.

Imprimanta este un dispozitiv de iesire ce permite tiparirea pe hirtie a rezultatelor unei prelucrari pe calculator. De obicei legatura cu calculatorul se realizeaza pe canalul paralel. Imprimanta poate sa lucreze in mod alfanumeric (caz in care accepta coduri ASCII si secvente specifice de comanda – ESC), sau in mod grafic (caz in care informatiile transmise descriu prin puncte o imagine grafica). Exista mai multe standarde pentru limbajul de comunicatie intre calculator si imprimanta (ex: EPSON, IBM, Hewlet-Packard, etc.). Acestea difera mai ales prin modul grafic. O imprimanta poate sa emuleze (sa inteleaga) mai multe tipuri de limbaje.

Interfata de retea permite cuplarea calculatorului intr-o retea locala (LAN). Cel mai raspindit standard de retea LAN pentru calculatoare personale este Ethernet 10Base5. Conectarea in retea se poate face cu cablu coaxial, cu cablu bifilar infasurat (UTP- Unshielded

Twisted Paire) sau prin fibra optica (mai rar). Pentru comunicatie se pot folosi mai multe pachete de protocoale: Novel-Netware, Windows-Netware, TCP/IP si altele.

Mouse-ul este un dispozitiv de indicare, util mai ales pentru sistemele de operare si programele aplicative care au o interfata grafica utilizator bazata pe meniuri. Miscarile mouse-ului sunt transformate in miscari ale unui cursor pe ecran cu ajutorul unui program de interfata (driver). Prin intermediul celor doua sau trei butoane se pot selecta functii ale programului care ruleaza. Exista mai multe standarde pentru limbajul de comunicatie intre mouse si calculator. Legatura se realizeaza printr-un canal serial.

Interfata audio permite redarea inregistrarilor audio, mixarea diferitelor surse de sunet (CD, fisier, microfon), inregistrarea semnalelor audio de intrare, generarea de efecte speciale, filtrarea semnalelor de intrare, etc. Interfata este alcatuita dintr-o placa de sunet (sound-blaster) si boxe. O iesire a unitatii de disc optic este conectata la placa de sunet pentru a permite redarea discurilor de muzica.

## **2.3 Organizarea fizica a componentelor sistemului**

Componentele descrise in paragrafele anterioare sunt amplasate fizic pe placi, unitati incorporate in structura calculatorului sau in unitati independente de acesta. In interiorul unui calculator se disting urmatoarele componente fizice:

- Placa de baza (mother-board)
- Placile de interfata (ex: interfata de disc, interfata video, interfata audio, etc.)
- Sursa de alimentare
- Unitatea (unitatile) hard-disk
- Unitatea (unitatile) de disc flexibil
- Unitatea de disc optic
- Componentele panoului frontal
- Cabluri de legatura

Placa de baza este nucleul unui calculator personal. Contine procesorul, memoriile (ROM, RAM si CMOS), componentele legate pe magistrala locala (controlor de intreruperi, controlor DMA, controlor timer/counter etc.) si conectorii pentru placile de interfata. La versiunile mai noi o parte din interfetele de intrare/iesire au fost integrate in placa de baza (ex: interfata de disc, interfata de sunet, interfata seriala si paralela). Pentru a economisi spatiu si pentru a permite extinderea sistemului, memoriile RAM sunt amplasate pe placute, care se introduc in socluri speciale de pe placa de baza. Exista mai multe standarde pentru realizarea acestor placute (SIMM, DIMM); diferentele constau in: numarul de pini, capacitatea maxima, modul de amplasare a semnalelor si modul de lucru al memoriei (cu paginare, EDO, BEDO, DRAM sincron). Parametri tipici pentru o placuta de memorie sunt: capacitatea, modul de organizare, prezenta bitilor de paritate, modul de lucru si viteza de lucru.

Memoria CMOS se utilizeaza pentru pastrarea configuratiei sistemului si dupa oprirea alimentarii. Circuitul este alimentat suplimentar de la un acumulator. In interiorul circuitului functioneaza un ceas de timp-real, folosit pentru determinarea orei si a datei exacte. Stergerea acestei memorii se poate face prin decuplarea acumulatorului sau prin scoaterea circuitului CMOS din soclu.

Placile de interfata sunt introduse in conectorii amplasati pe placa de baza. Pot sa existe mai multe tipuri de conectori (sloturi), functie de tipurile de magistrale care exista in sistem (ISA, EISA, VESA, PCI). Placile de interfata pot fi amplasate in orice slot liber la care conectorii se potrivesc. Forma fizica a conectorilor nu permite amplasarea gresita a unei placi pe o magistrala diferita.

Legatura intre dispozitivele periferice din interiorul calculatorului si interfetele corespunzatoare se realizeaza de obicei cu ajutorul unor cabluri tip plat-banda. Partea cablului corespunzatoare pinului 1 din conector se marcheaza cu o culoare diferita, cu scopul de a identifica pozitia corecta de introducere a conectoului in soclu. Daca in sistem exista mai

multe dispozitive de acelasi tip atunci ele se leaga prin acelasi cablu (ex: hard-disk-uri, unitati de disc flexibil, etc.).

Alimentarea componentelor din interiorul calculatorului se asigura de la o sursa care genereaza urmatoarele tensiuni: +5V, -5V, +12V, -12V. Pentru alimentarea procesoarelor mai noi cu tensiune de 3V se utilizeaza un stabilizator prezent pe placa de baza. Sursa de +5V are puterea cea mai mare si asigura alimentarea majoritatii circuitelor digitale din sistem. Dispozitivele periferice aflate in afara cutiei calculatorului au alimentare proprie (exceptie face numai tastatura).

## **2.4 Parametri caracteristici ai unui calculator personal**

Pentru definirea performantelor unui calculator personal se pot folosi urmatoorii parametrii:

- Tipul de procesor si versiunea constructiva
- Frecventa nominala (recomandata) si maxima a ceasului procesor
- Frecventa magistralei
- Tipuri de magistrale prezente
- Capacitatea memoriei RAM interne
- Moduri de acces la memorie (EDO – Enable Data Output, DRAM sincron, FPM- Fast Page Mode)
- Dimensiunea memoriei cache
- Tip de interfata video si moduri grafice permise
- Capacitatea memoriei video
- Capacitatea hard-disk-ului
- Timpul de acces la informatia de pe disc
- Viteza unitatii de disc optic
- Numarul de canale seriale si paralele
- Prezenta unor interfete speciale (ex: interfata de sunet, intertefe de achizitie de date, unitate de inscriere disc optic etc.).

## **3. Masurarea performantei a unui calculator personal**

Cea mai simpla metoda de comparare a performantei unui sistem de calcul (sau a unei componente) sunt specificatiile fiecaruia. Nu este cea mai relevanta metoda pentru evaluarea performantei acestuia deoarece 2 procesoare cu aceleasi specificatii dar arhitecturi diferite pot avea performante diferite. Astfel, pentru masurarea eficienta si compararea performantelor sistemelor de calcul este nevoie de:

- Metrici de performanta (ex. timp de raspuns, latime de banda, utilizarea resurselor, etc.)
- Metode de masurarea a metricilor de performanta
- Agregarea si interpretarea rezultatelor

Metrici adecvate de performanta sunt proportionale cu performanta sistemului. Acestea sunt deterministice, consistente si simplu de masurat. Aplicatiile de tip „benchmark” sunt folosite in mod uzual pentru masurarea metricilor de performanta.

Prin definitie, un benchmark este o metoda de evaluarea a caracteristicilor de performanta a unui sistem de calcul, a unei componente hardware sau software. Astfel, prin benchmark se intelege un set de programe/aplicatii care se executa si evalueaza diverse metrici de performanta, dar, in acelasi timp, se refera si la intreaga aplicatie.

Multe aplicatii de tip benchmark se focuseaza pe masurarea performantei individuale a unor componente hardware cum ar fi: timpul de executie pe procesor, viteza si latimea de banda a memoriei, puterea de procesare video, etc. Dar exista si colectii de aplicatii benchmark (benchmark suite) care masoara performanta per total a unui sistem de calcul. Rezultatele individuale a fiecarei componente hardware sunt agregate pentru a exprima performanta intregului sistem. Aceste tipuri de aplicatii faciliteaza interpretarea rezultatelor si se pot compara cu sisteme de calcul referinta.

### 3.1 Exemple de metrice de performanta

Metrice de performanta pentru procesor (CPU):

- Frecventa procesor (Hz)
- IPS – instructiuni per secunda (operatii aritmetice pe numere intregi)
- FLOPS – floating point operations per second (operatii in virgula mobila)
- Performanta vs. Putere consumata – raport dintre performanta si energie
- Performanta vs. Viteza – raport dintre performanta si viteza

Metrice de performanta pentru memorie:

- Latime de banda (B/s)
- Latenta (timp de raspuns)
- Capacitate vs. Putere consumata
- Performanta vs. Putere consumata – raport dintre performanta si energie
- Performanta vs. Viteza – raport dintre performanta si viteza

Metrice de performanta pentru dispozitive de stocare:

- Viteza (B/s)
- Timp de acces – timp mediu necesar citirii unui sector aleatoriu de pe disc

### 3.2 Tipuri de benchmarks

Tipurile de aplicatii folosite pentru masurarea performantei unui calculator influenteaza relevanta rezultatelor obtinute. Exista diverse tipuri de aplicatii benchmark:

- Aplicatii reale
  - Compilatoare, compresie fisiere/video, jocuri video, procesare de imagini
  - Cele mai relevante deoarece expune sistemele de calcul la „workload” real
- Kernel (nucleu)
  - De dimensiune redusa/mica, parte importanta din benchmark-urile de tip real
  - Nu sunt la fel de relevante ca aplicatiile reale
- Componente
  - Dezvoltate pentru masurarea performantelor unei componente specifice dintr-un sistem de calcul
  - Sunt folosite pentru detectarea automata a parametrilor unei componente (ex. frecventa procesor, marime memorie cache, arhitectura, etc.)
- Synthetic
  - Programe scrise ce contin operatii/instructiuni care potrivesc statistic comportamentul aplicatiilor reale.
  - Dhrystone and Whetstone sunt cele mai populare pentru masurarea performantelor operatiilor aritmetice pentru intregi si virgula mobila.
  - Pot produce rezultate nerealiste deoarece acestea doar mimeaza „workload”-ul real.
- Paralele
  - Folosite la sisteme de calcul ce au procesoare cu multiple nuclee sau multiple procesoare, sau chiar la sisteme cu multiple calculatoare
- Micro
  - Destinate masurarii performantelor unei mici portiuni de cod
- I/O
  - Folosite la masurarea performantelor de Input/Output (intrare/iesire), cum ar fi comunicarea in retea.

Exista o multime de aplicatii benchmark non-standard, majoritatea fiind gratuite. O mica selectie de aplicatii benchmark este prezentata mai jos.

### CPU-Z

Aplicatia CPU-Z din Figura 2 detecteaza configuratia hardware din calculator, precum si unii parametri de performanta, cum ar fi: frecventa procesor, frecventa memoria RAM, marimea si arhitectura memoriei cache, etc. De asemenea, ofera si informatii legate de placa de baza, placa video, etc.

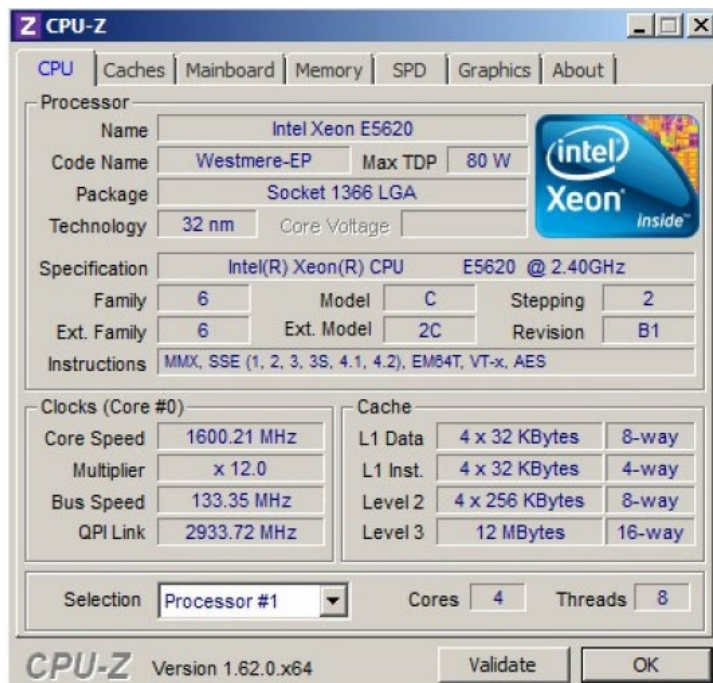


Figura 2. Interfata utilizator CPU-Z

### SuperPI

O aplicatie simpla de tip benchmark este SuperPI (Figura 3). Aceasta masoara timpul de executie a unui program ce calculeaza numarul de cifre zecimale a numarului PI. Utilizatorul selecteaza numarul de cifre zecimale, iar aplicatia returneaza numarul de secunde necesarii calcularii.

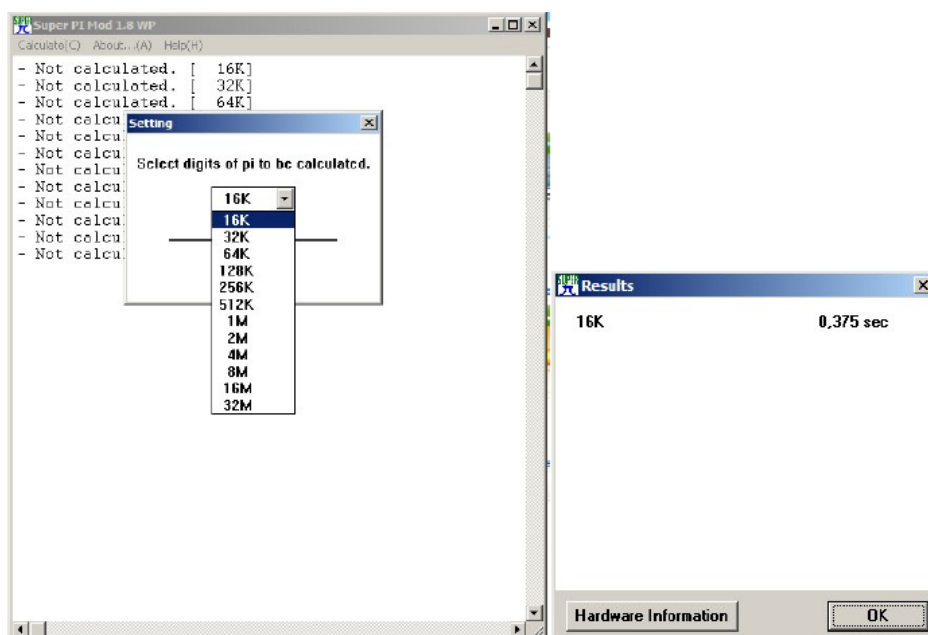


Figura 3. Interfata utilizator SuperPI

## NovaBench

Suita de aplicatii benchmark NovaBench (Figura 4) masoara viteza de procesare, performanta grafica 2D si performanta unitatii de stocare (HDD). Practic, se evalueaza componentele hardware importante: procesor, memorie RAM, unitatea de stocare si procesorul grafic. Sistemul de calcul primeste un scor global bazat pe rezultatele testelor fiecarei componente.

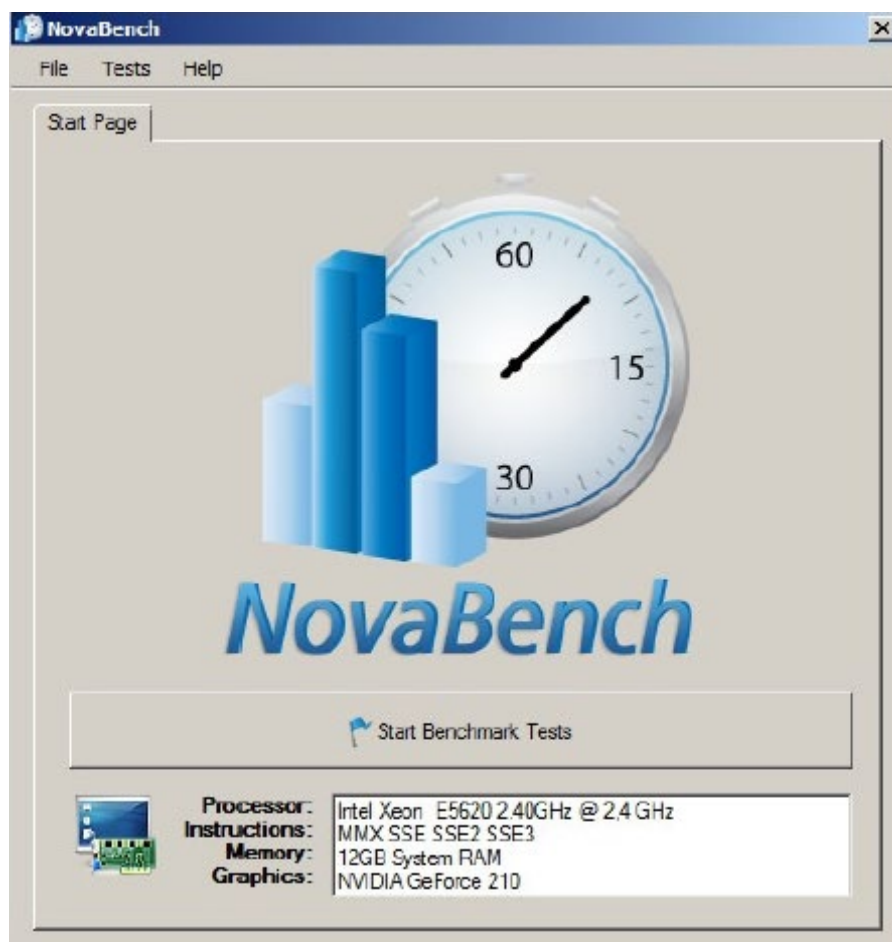


Figura 4. Interfata utilizator NovaBench

## SiSoftware Sandra

Aceasta suite de aplicatii benchmark (Figura 5) ofera teste complexe pentru masurarea performantei unui calculator, inclusiv: procesor (inclusiv multi-core), placa video, memorie, dispozitivele de stocare, retea, masini virtuale .net si java, etc. Rezultatele produse de aplicatie sunt detaliate, apoi analizate si comparate cu alte componente si sisteme similare (Figura 6).



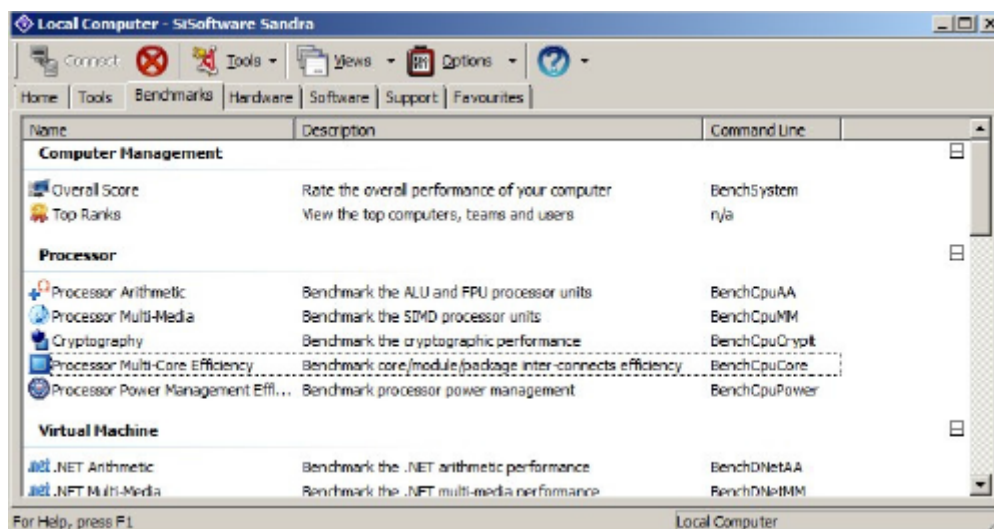


Figura 5. Interfața utilizator SiSoftware Sandra

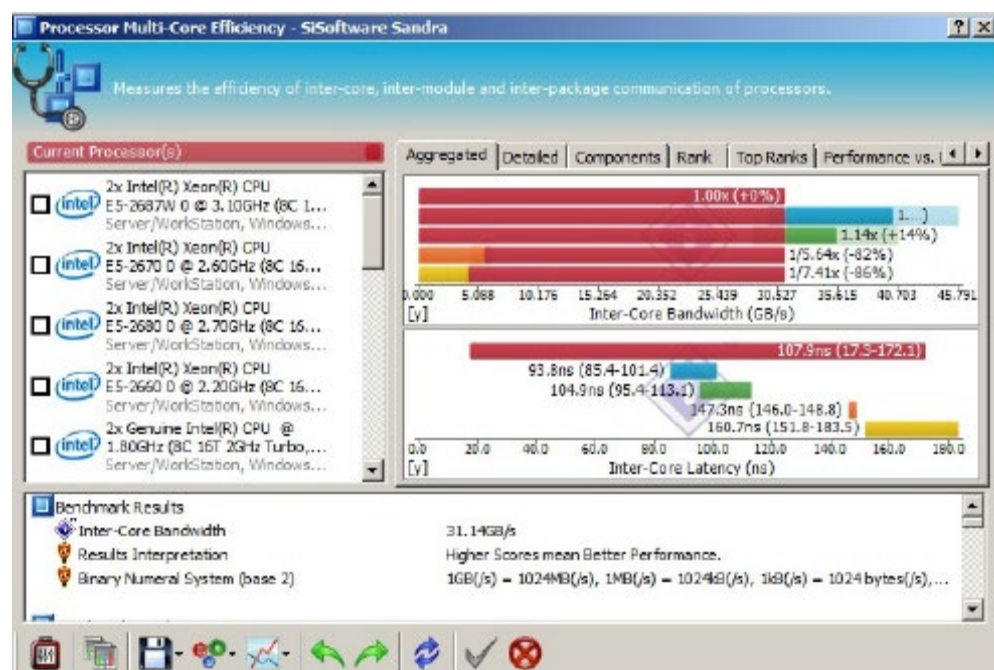


Figura 6. Analiza rezultatelor obținute în SiSoftware Sandra

#### 4. Desfasurarea lucrării

1. Se va demonta cutia unui calculator personal si se vor identifica componentele descrise in paragrafele anterioare; pentru fiecare componenta se va determina tipul si eventualele caracteristici de performanata (ex: tip procesor, frecventa ceas, tip memorie, capacitate memorie, tip unitate de disc, capacitate, etc.); datele culese vor fi trecute in urmatorul formular:

Fisa calculatorului

Nr crt	Felul componentei	Tipul componentei	Caracteristica	Valoarea	Observatii
1	Procesor	Pentium	frecventa	300MHz	
			var. constructiva	Cyrus	
2	Memorie RAM	SIMM-EDO	capacitate	64Mo	
			numar module	1	
			tip circuite	EDO	
	.....				

2. Se vor identifica tipurile de conectoare prezente pe placa de baza si pe cutia calculatorului. Pentru fiecare se va preciza functia indeplinita. Se va completa urmatorul formular:

Nr. crt	Tip conector	Functia indeplinita	Numar de pini	Numar de bucati in sistem	Observatii
1	RK-25 tata	iesire seriala	25	1	

3. Se va studia configuratia calculatorului inscrisa in memoria CMOS. Se vor da explicatii pentru fiecare parametru de configurare.

4. Se vor identifica tipurile de magistrale prezente pe placa de baza.

Nr crt	Tip magistrala	Utilizat pentru:	Nr. pini	Viteza maxima de transfer	Observatii
1	VESA	interfete cu volum mare de date transferate			

5. Se vor rula programe de testare a performantelor unui calculator personal.

- Identificarea configuratiei unui calculator folosind aplicatia CPU-Z.
- Evaluarea performantei procesorului, memoriei RAM, unitatii de stocare folosind aplicatiile benchmark SuperPI, NovaBench si SiSoftware Sandra.
- Compararea rezultatelor pentru 2-3 calculatoare folosind aplicatiile de benchmark de la punctul b).

6. Sa se defineasca parametri de performanta si de configurare pentru patru variante de calculator:

- Calculator personal de birou pentru activitati de secretariat
- Calculator personal de uz general (programare, proiectare) cu raport optim performanta/cost, conectat in retea
- Statie grafica pentru proiectare
- Calculator pentru aplicatii multimedia

Obs: dati un pret aproximativ pentru cele 4 variante (pe baza unor oferte reale de preturi)