

ЛЕКЦІЯ 7

Тема: ЦИФРОВІ КОМП'ЮТЕРИ

ПЛАН

- 7.1 Історія розвитку обчислювальної техніки
- 7.2 Структура персонального комп'ютера та його основні функції
- 7.3 Поняття архітектури комп'ютера
- 7.4 Типи сучасних комп'ютерів
- 7.5 Загальні принципи роботи комп'ютера

Час: 2 год.

Література: [3, 5].

7.1 Історія розвитку обчислювальної техніки

Комп'ютерна техніка – це сукупність засобів для автоматизації процесів обробки інформації, а також галузь техніки, яка займається розробкою, виготовленням і експлуатацією комп'ютерів.

Розвиток обчислювальної техніки відбувався у декілька етапів (рис. 1.1.).

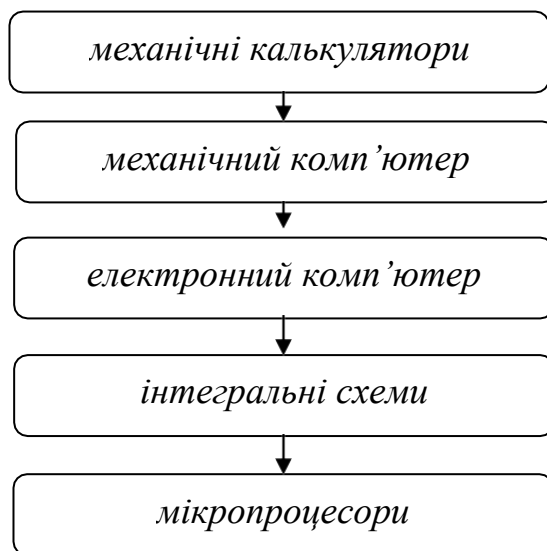


Рис. 7.1. Етапи розвитку обчислювальної техніки

Механічні калькулятори. Одним з найперших обчислювальних пристроїв є абак, який використовувався більше 2000 років тому. Абак є дерев'яною рамою, що містить ряд паралельних лозин з камінчиками або кісточками.

Перший механічний комп'ютер. Перший комерційний механічний калькулятор був створений Чарльзом Ксав'єром Томасом в 1820 році. На той час

це була досконала машина, яка виконувала операції додавання, віднімання, множення та ділення.

У 1812 році Чарльзом Баббаджем (професор математики Кембріджського університету) була розроблена машина, яка могла вирішувати поліноміальні рівняння різними методами. Аналітична машина Баббаджа на повну підставу зважає попередником сучасного комп'ютера, оскільки містить всі ключові елементи, з яких складається комп'ютер:

1. Пристрій введення даних. У машині Баббаджа був застосований принцип введення даних за допомогою перфокарт.
2. Блок управління. Для управління, або програмування обчислювального пристрою використовувався барабан, що містить безліч пластин і штифтів.
3. Процесор (або обчислювальний пристрій). Обчислювальна машина заввишки близько 10 футів, яка містить в собі сотні осей і декілька тисяч шестерень, які і були прообразом процесора.
4. Запам'ятовуючий пристрій. Це блок, що містить ще більше осей і шестерень і дозволяє зберігати в пам'яті до тисячі 50-розрядних чисел.
5. Пристрій виводу. Пластини, які були зв'язані з відповідною друкарською машиною, використовувалися для друку одержаних результатів.

Електронні комп'ютери. Використовування обчислювальної техніки під час другої світової війни послужило серйозним поштовхом для розвитку комп'ютерів. В університеті штату Пенсільванія створили першу комплексну електронно-обчислювальну машину для військових цілей. Ця система одержала назву ENIAC (Electrical Numerical Integrator and Calculator). У комп'ютері ENIAC використовувалося близько 18 тисяч вакуумних ламп. Він займав корисну площу, яка дорівнювала приблизно 167 квадратних метрів, і споживав приблизно 180 тисяч Ват енергії. Для введення і виводу даних використовувалися перфораційні карти, реєстри виконували роль суматорів, а також надавали доступ вигляду читання/запис до сховища даних.

Після появи UNIVAC темпи еволюції комп'ютерів помітно зросли. У першому поколінні комп'ютерів використовувалися вакуумні лампи, на зміну яким прийшли менші за розмірами та більш ефективні транзистори.

Інтегральні схеми. У 1959 році співробітники компанії Texas Instruments винайшли інтегральну схему – напівпровідниковий пристрій, в якому без дротів з'єднується декілька розташованих на одному кристалі транзисторів. У першій інтегральній схемі їх було всього шість. Для порівняння, мікропроцесор Pentium Pro складається з 5,5 млн. транзисторів, а інтегрована кеш-пам'ять, вбудована в одну з мікросхем, містить ще 32 млн. транзисторів. Сьогодні в багатьох інтегральних схемах використовується декілька десятків мільйонів транзисторів.

Закон Мура. У 1965 р. Гордон Мур в ході підготовки доповіді про перспективи розвитку комп'ютерної пам'яті знайшов цікаву особливість: місткість кожної нової мікросхеми пам'яті подвоюється у порівнянні з її попереднім аналогом, а сама нова мікросхема з'являється кожні 18-24 місяця. По-

будувавши лінію тренда, Мур відзначив, що продуктивність комп'ютерів буде збільшуватися експоненціально за часом. Цю залежність стали називати законом Мура. Цей закон описує не тільки зростання місткості оперативної пам'яті, він часто використовується для визначення ступеня зростання швидкодії процесорів і місткості жорстких дисків.

Перший мікропроцесор. У 1971 Intel році розробила перший 4-розрядний мікрокомп'ютерний набір 4004 (термін мікропроцесор з'явився значно пізніше). Мікросхема розміром з ніготь великого пальця містила 2300 транзисторів та коштувала 200 доларів.

У 1972 році був випущений наступник 4004 – 8-розрядний мікропроцесор 8008.

У 1993 році Intel представила перший процесор Pentium, продуктивність якого виросла в п'ять разів в порівнянні з сімейством Intel 486. Pentium містить 3,1 млн. транзисторів і виконував до 90 млн. операцій в секунду, що приблизно в 1500 разів перевищувало швидкодію процесора 4004.

Процесор сімейства P6, названий Pentium Pro, з'явився на світ в 1995 році. Він містив 5,5 млн. транзисторів і був першим процесором, у якому кеш-пам'ять другого рівня якого була розміщена прямо на кристалі, що дозволяло значно підвищити швидкодію.

Компанія Intel в травні 1997 року представила процесор Pentium II. Він містить 7,5 млн. транзисторів, розміщених, на відміну від традиційного процесора, в картридж, що дозволило розмістити кеш-пам'ять L2 безпосередньо в модулі процесора.

У 1999 році Intel випустила процесор Pentium III, який був, по суті, Pentium II, що містить інструкції SSE (Streaming SIMD Extensions).

Компанія Intel в 2000 році представила Pentium IV, новітній процесор з сімейства IA-32.

У 2000 році відбулася ще одна знаменна подія, що має історичне значення: компанії Intel і AMD перетнули бар'єр в 1 ГГц, який до того часу багатьма здавався непереборним.

Після 2000 року розвиток комп'ютерної техніки продовжився дуже швидкими темпами.

7.2 Структура персонального комп'ютера та його основні функції

Комп'ютер – електронно-програмний пристрій, який містить апаратні засоби і програмне забезпечення та автоматично, відповідно до програми, виконує алгоритм вирішення заданої задачі.

Комп'ютер класичної архітектури містить наступні блоки (рис. 7.2.):

- арифметико-логічний пристрій (АЛП);
- оперативну пам'ять (ОП);
- засоби зберігання і введення-виведення інформації: зовнішні запам'ятовуючі пристрої (ЗЗП); пристрої введення інформації (ПВв); при-

- строї виводу інформації (ПВив). Всі ці пристрої називають зовнішніми або периферійними (ПП);
- пристрій управління (ПУ). Разом з АЛП він утворює процесор.

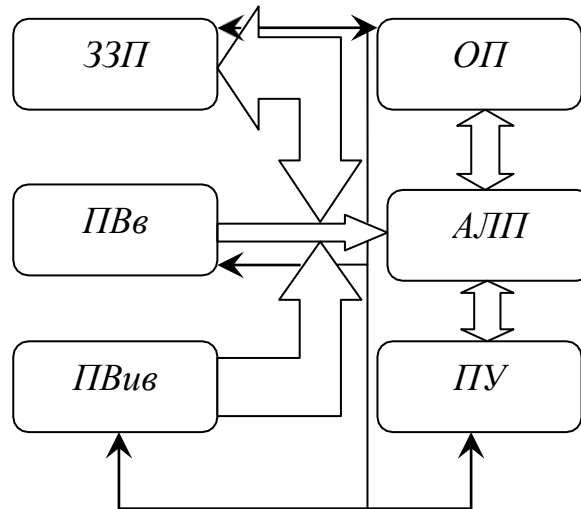


Рис. 7.2. Схематична структура комп'ютера

Арифметико-логічний пристрій призначений для виконання арифметичних і логічних операцій, передбачених системою команд даного комп'ютера. До складу АЛП входять регістри і комбінаційні схеми. Дані для обробки в АЛП поступають з ОП і називаються операндами. Результати операцій пересилаються в ОП або тимчасово зберігаються в регістрах АЛП.

Оперативна пам'ять (ОП) призначена для тимчасового зберігання програм і даних, у ній виконуються операції запису та читання інформації. Окрім ОП, використовують також постійну пам'ять (ПЗП), в якій виконуються тільки операції читання. Оперативну та постійну пам'ять, а також регістри АЛП називають внутрішньою пам'яттю (рис. 7.3.). Процесор і ОП разом утворюють ядро комп'ютера.

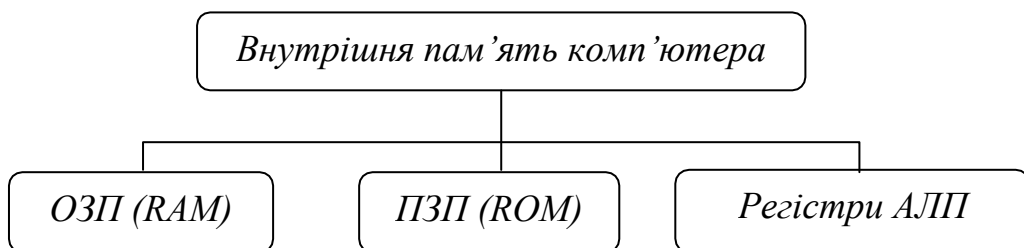


Рис. 7.3. Внутрішня пам'ять комп'ютера

Пристрій управління (ПУ) прочитує та дешифрує команди у відповідній послідовності, формує і подає управляючі сигнали для інших пристроїв комп'ютера.

Операції введення-виведення – це обмін інформацією між ядром машини і ПУ. Операція вводу передає інформацію з ПУ в ядро комп'ютера, а операція виводу – навпаки.

Зовнішня пам'ять призначена для тривалого та незалежного зберігання великих об'ємів інформації (рис. 7.4.).

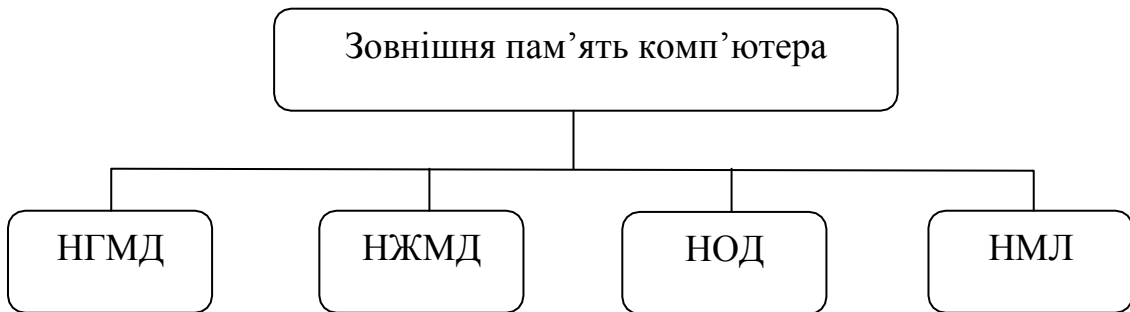


Рис. 7.4. Зовнішня пам'ять комп'ютера

Фізично зовнішня пам'ять реалізують у вигляді накопичувачів:

- на гнучких магнітних дисках (НГМД);
- на жорстких магнітних дисках (НЖМД, вони називаються вінчестерами);
- на оптичних (лазерних) дисках (НОД);
- на магнітних стрічках (НМЛ).

До пристроїв введення інформації відносяться (рис. 7.5.):

- клавіатура, призначена для введення команд і даних та управління роботою машини;
- сканери, призначені для введення графічної інформації;
- ручні маніпулятори (миша, кульковий маніпулятор і джойстик тощо) – призначені для швидкого переміщення курсору в задану точку екрану дисплея і виконання інших дій;
- пристрої мовного введення, призначені для управління машиною за допомогою мовних команд.

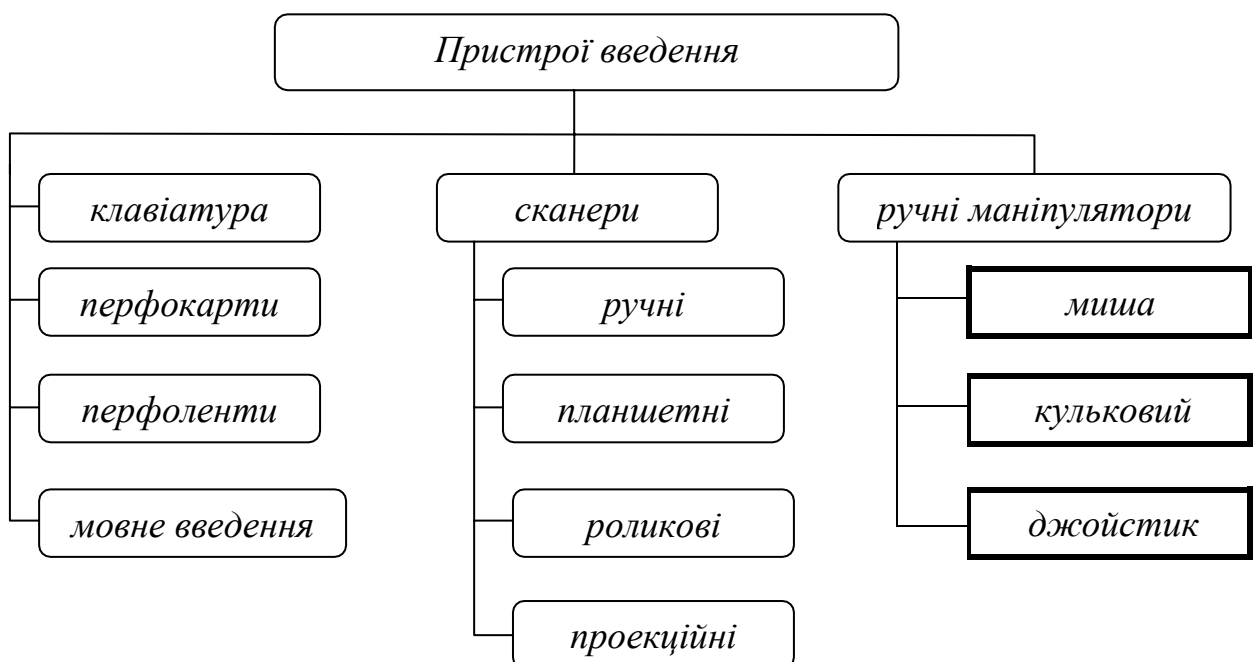


Рис. 7.5. Пристрої введення інформації

До пристроїв виведення інформації відносять (рис. 7.6.):

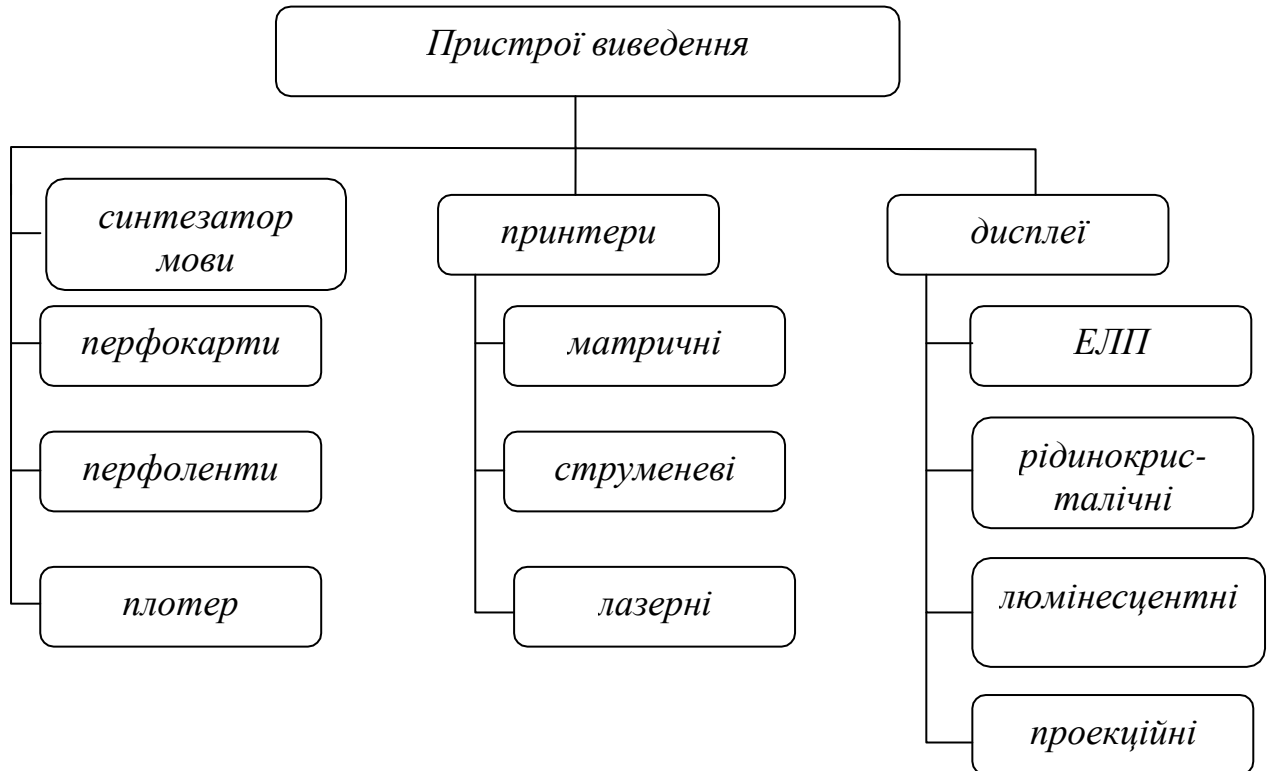


Рис. 7.6. Пристрої виведення інформації

Основні функції комп'ютера:

1. Сприйняття вхідної інформації;
2. Зберігання інформації;
3. Виконання арифметичних, логічних і інших операцій;
4. Автоматичне управління роботою складових частин комп'ютера, їх взаємодію між собою та з зовнішніми пристроями згідно програми;
5. Виведення результатів обчислень.

7.3 Поняття архітектури комп'ютера

Архітектура комп'ютера – інтерфейс зв'язків між його апаратним та програмним забезпеченням.

Архітектура комп'ютера має визначальний вплив на його споживчі якості: коло вирішуваних задач, продуктивність, ємність зовнішньої пам'яті, вартість, організація технічного обслуговування, надійність тощо.

Нейманівська архітектура

В 1945 році, математик Джон фон Нейман (John von Neumann) довів, що комп'ютер є цілісною фізичною структурою і може ефективно виконувати будь-які обчислення за допомогою відповідного програмного управління без зміни апаратної частини. Цей принцип став основним і загальноприйнятим

правилом для майбутніх поколінь швидкодійних цифрових комп'ютерів. Загалом нейманівська архітектура володіє наступними основними ознаками:

1. наявність одного обчислювача, що має процесор, блок пам'яті, засоби введення-виведення інформації, а також засоби управління;
2. застосування двійкової системи числення, як для представлення інформації, так і для виконання арифметико-логічних операцій;
3. розміщення в єдиній загальній пам'яті команд і чисел фіксованої довжини;
4. лінійна структура адресації елементів пам'яті, що вимагає наявності у процесорі лічильника команд;
5. централізоване послідовне автоматичне зчитування команд з пам'яті та інтерпретацію їх процесором; дані обробляються паралельно (одночасно над всіма розрядами машинного слова);
6. низький рівень машинної мови.

У комп'ютері реалізуються принцип програмного управління, який передбачає виконання наступних етапів. Для вирішення кожної задачі розробляють алгоритм на основі числових методів обчислень. Алгоритм перекладається на мову, властиву для даного комп'ютера, у вигляді програми – мовної конструкції, яка є впорядкованою послідовністю описів і команд, призначених для обробки інформації. Кожна команда визначає дії комп'ютера відносно виконання будь-якої операції, що реалізовує апаратні (технічні) і програмні засоби. Програма записується в оперативну пам'ять у вигляді машинних слів, які кодуються цифрами 0 і 1 і розрізняються тільки способом застосування. Код операції поступає в реєстр команд IR (instruction register) і потім дешифрується, а дані – в реєстри арифметико-логічного пристрою.

Гарвардська архітектура

Гарвардська архітектура вперше була реалізована Ховардом Айкеном в комп'ютері Марк-1 в Гарварді. Вона передбачає розділення пам'яті на пам'ять даних і пам'ять команд. Тим самим розділяються шини передачі керуючої і оброблюваної інформації. При цьому підвищується продуктивність комп'ютера за рахунок суміщення в часі пересилання та обробки даних і команд.

Необхідність використання гарвардської архітектури можна пояснити так. Ядро комп'ютера нейманівської архітектури складається з процесора та основної пам'яті. Бажано, аби обидві компоненти ядра не пригальмовували одна одну, тобто працювали із різною швидкістю. На практиці вузол пам'яті є значно (на порядок) повільнішим за процесор і цей розрив у швидкодії з прогресом інтегральних технологій лише зростає. Зменшити розрив можна структурними методами, збільшуючи розрядність інформаційного слова пам'яті. Саме цей підхід реалізовує гарвардська архітектура з двома запам'ятовувальними пристроями. Тут паралельно виконуються операції вибо-

ру команд програми, з одного боку, а з другого – вибирання та запис кодів даних і результатів обчислень.

Дуальна нейманівсько-гарвардська архітектура

Злиття двох архітектур виконують на рівні кеш-пам'яті шляхом її розподілу на кеш даних та кеш команд

Злиттям архітектур програмісту надано зручність програмних технологій нейманівської архітектури, а з боку процесора реалізовано гарвардську архітектуру, в результаті чого він значно менше пригальмовується з боку основної пам'яті.

Асоціативна архітектура

Асоціативна архітектура передбачає маніпуляції з даними не відповідно їх адрес, як це є в нейманівській архітектурі, а відповідно до значення цих даних або їх частин. Базовими тут є операції пошуку і порівняння. Основою асоціативної архітектури є асоціативна пам'ять, яка забезпечує одночасний доступ до багатьох даних, в яких співпадають значення відповідних розрядів. Тим самим за рахунок високої паралельності обробки досягається висока продуктивність на класі операцій, для виконання яких ця машина є ефективною. Асоціативна архітектура є складовою практично кожного сучасного комп'ютера.

Паралельні комп'ютерні архітектури

Паралельна обробка інформації є ключовим напрямком побудови високопродуктивних комп'ютерних систем. Але і паралельні комп'ютерні системи мають обмеження. По-перше, зі збільшенням кількості процесорів ускладнюється задача розподілу завдань між процесорами. Для її вирішення використовуються додаткові процесори, кількість яких може значно перевищувати кількість процесорів, зайнятих безпосередньо виконанням алгоритму. По-друге, послідовна природа багатьох алгоритмів обмежує прискорення, якого можна досягти, використовуючи багатопроцесорну організацію

7.4 Типи сучасних комп'ютерів

Залежно від сфери застосування та технічних характеристик, розрізняють наступні типи комп'ютерів:

1. *Персональні комп'ютери* – орієнтовані на користування однією особою;
2. *Робочі станції* – орієнтовані на вирішення інженерних задач, в першу чергу в складі локальних комп'ютерних мереж;

3. *Багатотермінальні систем* – набір стандартних терміналів, підключених до сервера;
4. *Сервери* – центральні комп'ютери для побудови інформаційних систем;
5. *Мейнфрейми* – великі універсальні комп'ютерні системи;
6. *Кластерні комп'ютерні системи* – об'єднання комп'ютерів, що сприймається операційною системою, системним програмним забезпеченням, прикладними програмами і користувачами як єдине ціле;
7. *Суперкомп'ютери* – найпотужніші на даний час комп'ютери;
8. *Мікроконтролери* – комп'ютери на кристалі, призначені для керування електронними пристроями;
9. *Спеціалізовані комп'ютери* – орієнтовані на вирішення задач, котрі неможливо або недоцільно виконувати на універсальних комп'ютерах.

Важливою характеристикою комп'ютера є *продуктивність* – це об'єктивна кількісна міра роботи машини. Використовують такі показники продуктивності: пікову, номінальну, системну та експлуатаційну (рис. 7.8.).

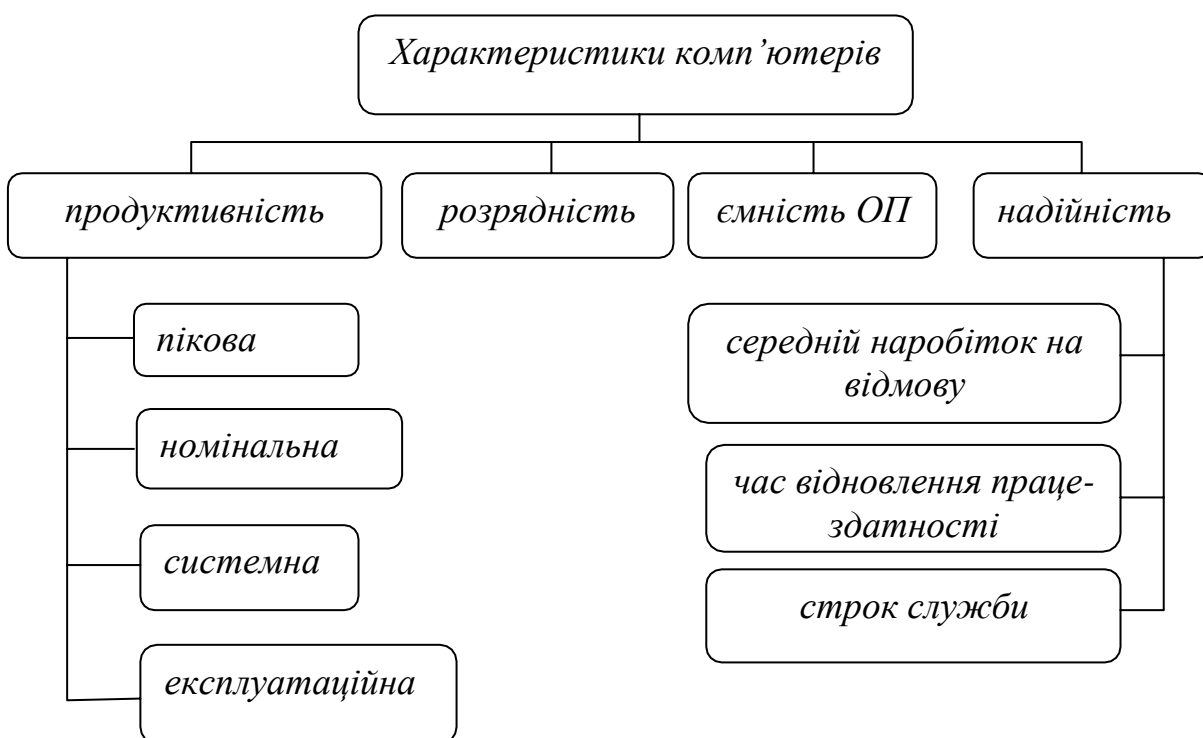


Рис. 7.8. Основні характеристики комп'ютера

Пікова продуктивність – середнє число коротких операцій типу “регістр-регістр” в секунду (оп./с) без операцій обміну з ОП. Пікову продуктивність оцінюють для команд типу “Немає операції” в мільйонах операцій в се-

кунду (млн. оп./с) або в MIPS (Million Instruction per Second). Пікову потужність часто називають *швидкодією комп'ютера*.

Номінальна продуктивність – середнє число суміші команд з урахуванням їх статистичної ваги (частоти повторення), які виконує ядро комп'ютера у вибраному класі задач (залежить від швидкості ОП). Номінальну продуктивність часто називають *швидкодією комп'ютера на суміші команд*. Продуктивність могутніх машин часто вимірюють в мегафлопсах (MFLOPS) – в мільйонах операцій в секунду над операндами з плаваючою комою.

Системну продуктивність вимірюють за допомогою типових оцінних програм (бенчмарків), реалізованих на мовах високого рівня. Результати оцінки системної продуктивності комп'ютера конкретної архітектури представлені в числових таблицях.

Експлуатаційну продуктивність оцінюють даними про реальне робоче навантаження в основних областях застосування; при цьому враховують необхідну площу розміщення машини, механічні та кліматичні умови експлуатації, споживану потужність тощо.

До характеристик комп'ютерів також відносять:

- розрядність машинного слова, яке зберігається, пересилається і обробляється як єдине ціле; вимірюється в бітах, байтах;
- об'єм оперативної пам'яті в бітах, байтах, кілобайтах, мегабайтах, гігабайтах;
- надійність, яка характеризує середнє напрацювання на відмову – не менше 15 тис. година; час відновлення працездатності, термін служби (не менше 10 років).

7.5 Загальні принципи роботи комп'ютера

Більшість комп'ютерів має магістрально-модульну структуру (рис.8.9), в якій окремі пристрої, що входять до його складу, обмінюються інформацією по загальній шині-магістралі.

Основним модулем комп'ютера є процесор, який містить керуючий пристрій (КП), операційний пристрій (ОП) і регістровий запам'ятовуючий пристрій (РЗП) – внутрішню пам'ять, реалізовану у вигляді набору регістрів.

Стек – спеціальна пам'ять магазинного типу, що працює за принципом «останній прийшов – перший пішов» (*LIFO – Last In-First Out*).

При роботі комп'ютера часто виникають ситуації, коли потрібно перервати виконання поточної програми і перейти до підпрограми, що забезпечує необхідне реакцію системи на створені обставини.

Переривання – ситуації в комп'ютері, що виникають в результаті надходження відповідних команд (програмні переривання) або сигналів від зовнішніх пристроїв (апаратні переривання).

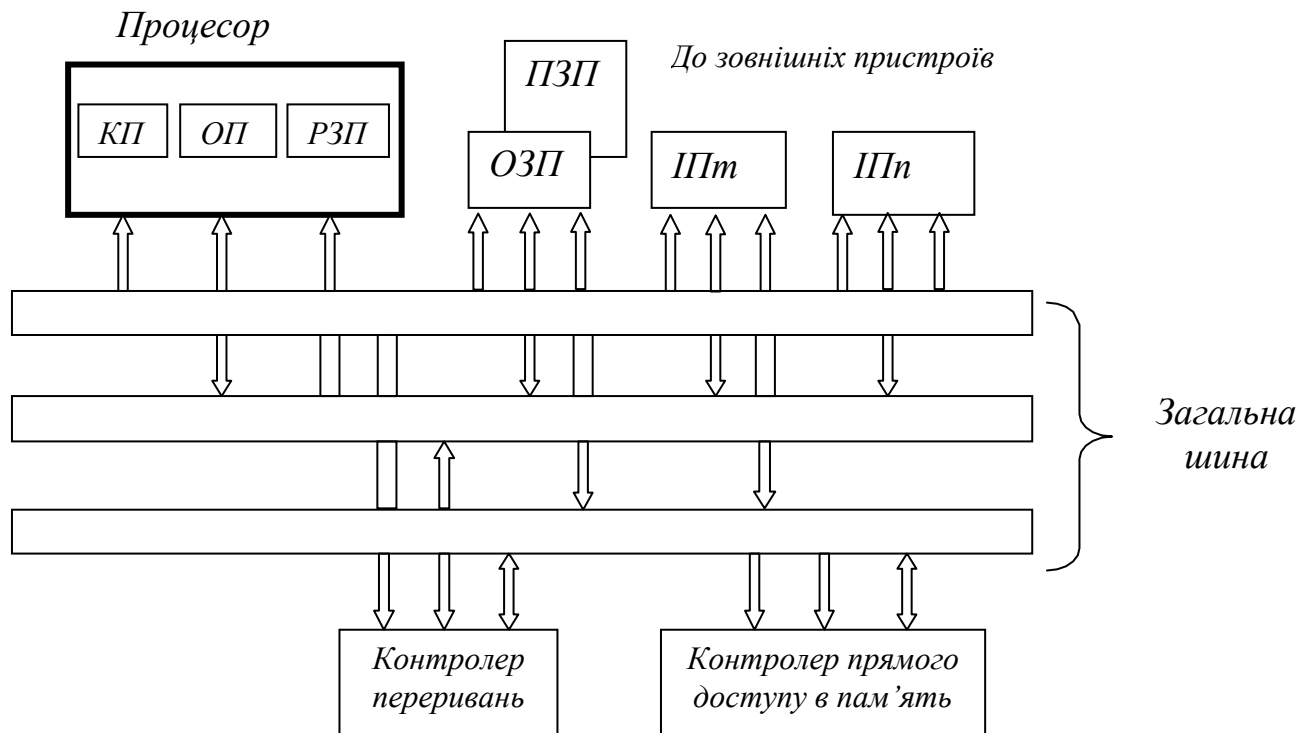


Рисунок 7.9

Виключення – нештатні ситуації в комп'ютері (помилки), що виникають під час роботи процесора. У разі виявлення таких помилок відповідні блоки, які контролюють роботу процесора, виробляють внутрішні сигнали запиту, забезпечують виклик необхідної підпрограми обслуговування.

Програмні переривання реалізуються при надходженні спеціальних команд – $INTn$, $INT3$, $INT0$ для процесора *Pentium*).

Режим прямого доступу до пам'яті DMA (Direct Memory Access) - режим, який використовується, якщо необхідно зробити пересилання значного масиву інформації між ОЗП і будь-яким зовнішнім пристроєм, який подає в комп'ютер відповідний запит.

Контрольні запитання

1. Що називається комп'ютерною технікою?
2. Що називається цифровою електронною обчислювальною машиною (ЕОМ)?
3. Які етапи розвитку обчислювальної техніки ви знаєте?
4. Що містять у собі етапи розвитку обчислювальної техніки?
5. Навести закон Мура. В якому році він був відкритий?
6. Назвіть основні функції комп'ютера.
7. Що розуміють під архітектурою комп'ютера?
8. Описати ознаки найманівської архітектури комп'ютера.
9. Що розуміють під гарвардською архітектурою комп'ютера?

10. Що розуміють під найманівсько-гарвардською архітектурою комп'ютера?
11. Що розуміють під асоціативною архітектурою комп'ютера?
12. Чи відрізняється найманівська архітектура від гарвардської архітектури комп'ютера?
13. За рахунок чого можна збільшити швидкість роботи комп'ютера?
14. Перерахувати основні характеристики комп'ютера.
15. Навести визначення такої характеристики комп'ютера як продуктивність.
16. Навести визначення такої характеристики комп'ютера як пікова продуктивність.
17. Навести визначення такої характеристики комп'ютера як номінальна продуктивність.
18. Навести визначення такої характеристики комп'ютера як системна продуктивність.
19. Навести визначення такої характеристики комп'ютера як експлуатаційна продуктивність.
20. Яку структуру мають більшість комп'ютерних систем?
21. Поясніть сутність поняття стек.
22. Поясніть сутність поняття переривання.