

Тема 3. Основні типи та характеристики обчислювальних машин. Типи структур обчислювальних машин і систем

3.1 Основні типи та характеристики обчислювальних машин

Обчислювальні машини можуть бути класифіковані за рядом ознак, зокрема: принцип дії; етапи створення та елементна база; призначення; спосіб організації обчислювального процесу; розмір, обчислювальна потужність; функціональні можливості; спроможність до паралельного виконання програм і т.д.

За принципом дії обчислювальні машини діляться на три великих класи: аналогові, цифрові, гібридні.

Критерієм розподілу обчислювальних машин на ці три класи являється форма подання інформації, з якою вони працюють.

За етапами створення і елементної бази ОМ умовно діляться на покоління:

- 1-ше покоління, 50-ті роки: ЕОМ на електронних вакуумних лампах;
- 2-ге покоління, 60-ті роки: ЕОМ на дискретних напівпровідникових пристроях (транзисторах);
- 3-тє покоління, 70-ті роки: ЕОМ на напівпровідникових інтегральних схемах з малим і середнім ступенем інтеграції(сотні-тисячі транзисторів в одному корпусі);
- 4-те покоління, 80-90-ті роки: ОМ на великих та надвеликих інтегральних схемах, основна з яких – мікропроцесор (сотні тисяч-десятки мільйонів активних елементів в одному кристалі).
- 5-те покоління, теперішній час: ОМ з багатьма десятками паралельно працюючих мікропроцесорів, що дозволяють будувати ефективні системи обробки знань; комп'ютери на надскладних мікропроцесорах з паралельно-векторною структурою, одночасно виконуючих десятки послідовних інструкцій програми.
- 6-те і наступні покоління: оптоелектронні ОМ з масовим паралелізмом та нейронною структурою, з розподіленою сіткою великого числа

(десятки і тисячі) простих мікропроцесорів, що моделюють архітектуру нейронних біологічних систем.

Кожне наступне покоління обчислювальних машин має порівняно з попереднім суттєво кращі характеристики. Так, продуктивність ОМ та ємність усіх запам'ятовуючих пристроїв збільшується, як правило, більше, ніж на порядок.

За призначенням ОМ можна розділити на три групи: універсальні (загального призначення), проблемно-орієнтовані, спеціалізовані.

Універсальні ОМ призначені для вирішення різноманітних інженерно-технічних, економічних, математичних, інформаційних та інших задач, що відрізняються складністю алгоритмів і великим об'ємом оброблюваних даних. Вони широко використовуються в обчислювальних центрах колективного використання та інших могутніх обчислювальних комплексах.

Характерними рисами універсальних ОМ є:

- висока продуктивність;
- різноманітність форм оброблюваних даних: двійкових, десяткових, символічних, при великому діапазоні їх змінення і високій точності їх подання;
- широка номенклатура вироблених операцій як арифметичних, логічних, так і спеціальних;
- велика ємність оперативної пам'яті;
- розвинута організація системи вводу/виводу інформації, що забезпечує підключення різних видів зовнішніх пристроїв.

Проблемно-орієнтовані ОМ призначені для вирішення більш вузького кола задач, пов'язаних, як правило, з управлінням технологічними об'єктами; реєстрацією, накопиченням і обробкою відносно невеликих об'ємів даних; виконанням розрахунків за порівняно нескладними алгоритмами. Вони володіють обмеженими, порівняно з універсальними ОМ, апаратними і програмними ресурсами.

Спеціалізовані ОМ призначені для вирішення певного вузького кола задач або реалізації строго певної групи функцій.

Така вузька орієнтація ОМ дозволяє чітко спеціалізувати їх структуру, істотно понизити їх складність і вартість при збереженні високої продуктивності і надійності їх роботи. До спеціалізованих комп'ютерів можна віднести, наприклад, програмуючі мікропроцесори спеціального призначення; адаптери і контролери, виконуючі логічні функції управління окремими нескладними технічними пристроями, агрегатами і процесами; пристрої узгодження і сполучення роботи вузлів обчислювальних систем.

За розмірами і обчислювальною потужністю (рис. 3.1) обчислювальні машини можна розділити на надвеликі (суперкомп'ютери, супер-ЕОМ), великі, малі, надмалі (мікрокомп'ютери або мікро-ЕОМ).



Рисунок 3.1 – Класифікація ОМ за розмірами і обчислювальною потужністю

Історично першими з'явилися великі ЕОМ, елементна база яких пройшла шлях від електронних ламп до інтегральних схем з надвисоким ступенем інтеграції.

Продуктивність великих ЕОМ виявилася недостатньою для ряду задач (метеопрогнозування, управління складними оборонними комплексами, біологічні дослідження, моделювання екологічних систем та ін.) Це виявилось передумовою для розробки і створення супер-ЕОМ, наймогутніших обчислювальних систем, що інтенсивно розвиваються і в даний час. Поява в 70-х роках

малих комп'ютерів обумовлена, з одного боку, прогресом в області електронної елементної бази, а з другого – надмірністю ресурсів великих ЕОМ для ряду додатків. Малі комп'ютери використовуються частіше за все для управління технологічними процесами. Вони більш компактні і істотно дешевші за великі комп'ютери. Подальші успіхи в області елементної бази і архітектурних рішень привели до виникнення суперміні-комп'ютера – обчислювальної машини, що відноситься за архітектурою, розмірами і вартістю до класу малих комп'ютерів, але за продуктивністю порівняні з великою ОМ.

Винахід у 1969 році мікропроцесора (МП) привів до появи в 70-х роках ще одного класу комп'ютерів – мікрокомп'ютерів. Саме наявність МП послужило спочатку визначальною ознакою мікрокомп'ютерів. Зараз мікропроцесори використовуються у всіх без виключення класах комп'ютерів.

Розглянемо стисло сучасний стан деяких класів комп'ютерів.

Великі ЕОМ за кордоном часто називають мейнфреймами (main-frame); до них відносять, як правило, ОМ, що мають:

- продуктивність не менше 100 МІPS (МІPS – мільйон операцій в секунду над числами з фіксованою комою) основну пам'ять ємністю від 512 до 10 000 Мбайт;
- зовнішню пам'ять не менше 100 Гбайт;
- розрахований на багато користувачів режим роботи (обслуговують одночасно від 16 до 1000 користувачів).

Основні напрями ефективного застосування мейнфреймів – рішення науково-технічних задач, робота в обчислювальних системах з пакетної обробки інформації, робота з великими базами даних, управління обчислюваними мережами і їх ресурсами. Останній напрям – використання мейнфреймів як великих серверів обчислювальних мереж – часто наголошується спеціалістами як найактуальніший.

Малі комп'ютери (міні-ЕОМ) – надійні, недорогі і зручні в експлуатації комп'ютери, що володіють дещо більш низькими в порівнянні з мейнфреймами можливостями.

Міні-комп'ютери (і найбільш могутні з них суперміні-комп'ютери) мають такі характеристики:

- продуктивність – до 1000 MIPS;
- ємність основної пам'яті – до 8000 Мбайт;
- ємність дискової пам'яті – до 1000 Гбайт;
- число підтримуваних користувачів – 16-1024.

Міні-комп'ютери орієнтовані на використання як управляючі обчислювані комплекси. Традиційна для подібних комплексів широка номенклатура периферійних пристроїв доповнюється блоками міжпроцесорного зв'язку, завдяки чому забезпечується реалізація обчислювальних систем із змінною структурою. Наряду з використанням міні-комп'ютерів для управління технологічними процесами, вони успішно застосовуються для обчислень в обчислювальних системах, які розраховані на багато користувачів.

Мікрокомп'ютери досить численні і різноманітні. Серед них можна виділити декілька підкласів.

Багатокористувальні мікрокомп'ютери – це могутні мікрокомп'ютери, що устатковані декількома відеотерміналами і працюють в режимі розділення часу, що дозволяє ефективно працювати на них відразу декільком користувачам.

Робочі станції (work station) - мікрокомп'ютери, які розраховані на одного користувача, часто спеціалізовані для виконання певного виду робіт (графічних, інженерних, видавничих і т. д.).

Сервери (server) розраховані на багато користувачів, могутні мікрокомп'ютери в обчислювальних мережах та призначені для обробки запитів від всіх робочих станцій мережі.

Мережні комп'ютери (network computer) – спрощені мікрокомп'ютери, що забезпечують роботу в мережі і доступ до мережних ресурсів, часто спеціалізовані на виконанні певного виду робіт (захист мережі від несанкціонованого доступу, організація перегляду мережних ресурсів, електронної пошти і т. д.).

Персональні комп'ютери (ПК) належать до класу мікрокомп'ютерів, але через їх масове поширення заслуговують особливої уваги. ПК для задоволення вимог загальнодоступності і універсальності застосування повинні відповідати таким якостям:

- низька вартість, що знаходиться в межах доступності для індивідуального покупця;
- автономність експлуатації без спеціальних вимог до умов навколишнього середовища;
- гнучкість архітектури, що забезпечує її адаптованість до різноманітних застосувань у сфері управління, науки, освіти, в побуті;
- сумісність операційної системи та іншого програмного забезпечення, обумовлююча можливість роботи з нею користувача без спеціальної професійної підготовки;
- висока надійність роботи (більше 5000 годин напрацювання на відмову).

Функціональні можливості обчислювальних машин обумовлені такими найважливішими техніко-експлуатаційними характеристиками:

- швидкодія, яка вимірюється усередненою кількістю операцій, що виконує ОМ за одиницю часу;
- розрядність і форми подання чисел, з якими оперує комп'ютер;
- номенклатура, ємність і швидкодія всіх запам'ятовуючих пристроїв;
- номенклатура і техніко-економічні характеристики зовнішніх пристроїв зберігання, обміну і вводу/виводу інформації;
- типи і пропускну здатність пристроїв зв'язку і сполучення вузлів комп'ютера між собою (тип внутрішньомашинного інтерфейсу);
- здатність комп'ютера одночасно працювати з декількома користувачами і виконувати одночасно декілька програм (багатограмність);
- типи і техніко-експлуатаційні характеристики операційних систем, що використовуються в ОМ;

- наявність і функціональні можливості програмного забезпечення;
- здатність виконувати програми, написані для інших типів комп'ютерів (програмна сумісність з іншими типами комп'ютерів);
- система і структура машинних команд;
- можливість підключення до каналів зв'язку і обчислювальної мережі;
- експлуатаційна надійність комп'ютера;
- коефіцієнт корисного використання комп'ютера в часі, визначений співвідношенням часу корисної роботи і часу профілактики.

3.2 Типи структур обчислювальних машин і систем

Переваги і недоліки архітектури обчислювальних машин і систем залежать від способу з'єднання компонентів. Загалом можна говорити про два основні типи структур обчислювальних машин і два типи структур обчислювальних систем.

3.2.1 Структури обчислювальних машин

В даний час приблизно однакове розповсюдження отримали два способи побудови обчислювальних машин: з безпосередніми зв'язками і на основі шини.

Типовим представником першого способу може служити класична фон-нейманівська ОМ. В ній між взаємодіючими пристроями (процесор, пам'ять, пристрій вводу/виводу) є безпосередні зв'язки. Особливості зв'язків (число ліній в шинах, пропускну здатність і т. п.) визначаються видом інформації, характером та інтенсивністю обміну. Перевагою архітектури з безпосередніми зв'язками можна вважати можливість розв'язки «вузьких місць» шляхом покращання структури і характеристик тільки певних зв'язків, що економічно може бути найбільш вигідним рішенням. У фон-нейманівських ОМ таким «вузьким місцем» є канал пересилки даних між ЦП і пам'яттю, і «розв'язати» його досить непросто. Крім того, ОМ з безпосередніми зв'язками погано піддаються реконфігурації.

У варіанті із загальною шиною всі пристрої обчислювальної машини підключені до магістральної шини, яка служить єдиним трактом для потоків команд, даних і управління (рис. 3.2).

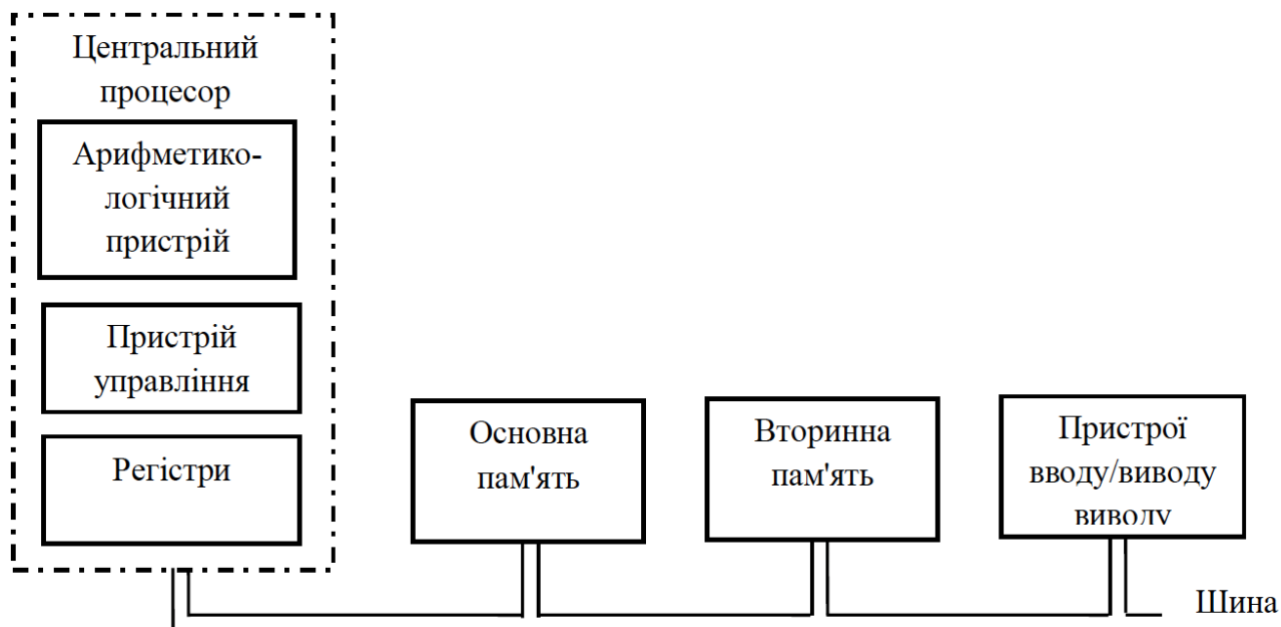


Рисунок 3.2 – Структура обчислювальної машини на базі загальної шини

Наявність загальної шини істотно спрощує реалізацію ОМ, дозволяє легко міняти склад і конфігурацію машини. Завдяки цим властивостям шинна архітектура набула широкого поширення в міні- і мікро-ЕОМ. Разом з тим, саме з шиною зв'язаний і основний недолік архітектури: у кожен момент передавати інформацію по шині може тільки один пристрій. Основне навантаження на шину створюють обміни між процесором і пам'яттю, пов'язані з витягуванням із пам'яті команд і даних і записом в пам'ять результатів обчислень. На операції вводу/виводу залишається лише частина пропускної здатності шини.

В цілому слід визнати, що при збереженні фон-нейманівської концепції послідовного виконання команд програми шинна архітектура в чистому її вигляді виявляється недостатньо ефективною. Більш поширеною є архітектура з ієрархією шин, де крім магістральної шини є ще декілька додаткових шин. Вони можуть забезпечувати безпосередній зв'язок між пристроями з найбільш інтенсивним обміном, наприклад процесором і кеш-пам'яттю. Інший варіант

використання додаткових шин – об'єднання однотипних пристроїв вводу/виводу з подальшим виходом з додаткової шини на магістральну. Всі ці заходи дозволяють понизити навантаження на загальну шину і ефективніше витратити її пропускну здатність.

3.2.2 Структури обчислювальних систем

Поняття «обчислювальна система» допускає наявність багатьох процесорів або закінчених обчислювальних машин, під час об'єднання яких використовується один з двох підходів.

В обчислювальних системах із загальною пам'яттю (рис. 3.3) є загальна основна пам'ять, спільно використовувана всіма процесорами системи. Зв'язок процесорів з пам'яттю забезпечується за допомогою комунікаційної мережі, найчастіше вироджуваною в загальну шину.

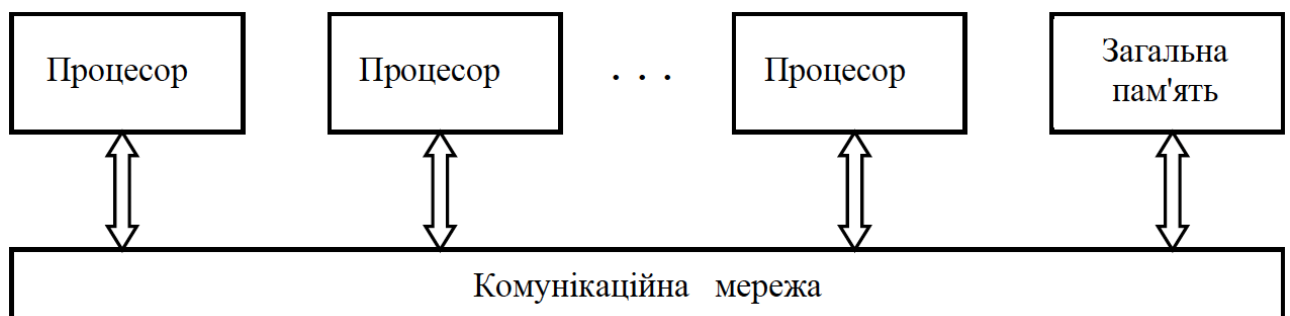


Рисунок 3.3 – Структура обчислювальної системи із загальною пам'яттю

Таким чином, структура ОС із загальною пам'яттю аналогічна розглянутій вище архітектурі із загальною шиною, через що їй властиві ті ж недоліки. Стосовно обчислювальних систем дана схема має додаткову перевагу: обмін інформацією між процесорами не пов'язаний з додатковими операціями і забезпечується за рахунок доступу до загальних областей пам'яті.

Альтернативний варіант організації – розподілена система, де загальна пам'ять взагалі відсутня, а кожен процесор володіє власною локальною пам'яттю (рис. 3.4).

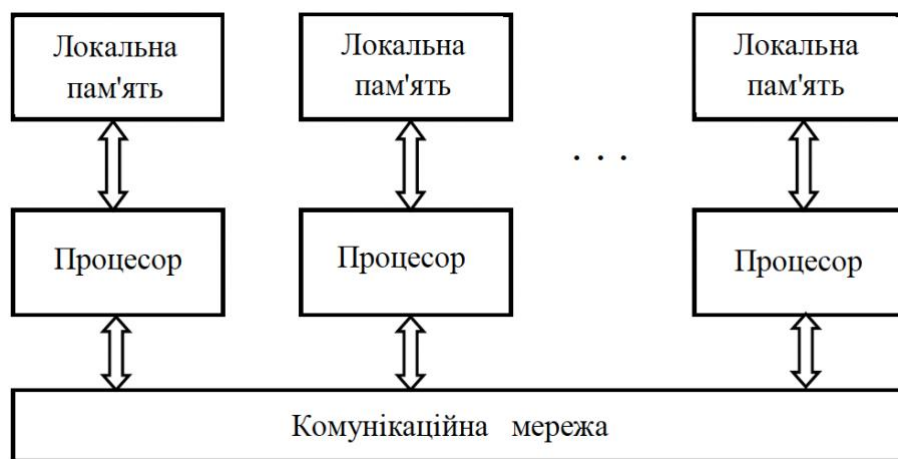


Рисунок 3.4 – Структура розподіленої обчислювальної системи

Часто такі системи об'єднують окремі ОМ. Обмін інформацією між складовими системи забезпечується за допомогою комунікаційної мережі шляхом обміну повідомленнями.

Подібна побудова ОС знімає обмеження, властиві для загальної шини, але приводить до додаткових витрат на пересилку повідомлень між процесорами або машинами.

Обчислювальні системи бувають однорідні і неоднорідні.

Однорідна обчислювальна система будується на базі однотипних комп'ютерів або процесорів. Однорідні системи дозволяють використовувати стандартні набори технічних, програмних засобів, стандартні протоколи поєднання пристроїв. Тому їх організація значно простіша, полегшується обслуговування систем та їх модернізація.

Неоднорідна обчислювальна система включає у свій склад різні типи комп'ютерів або процесорів. Під час побудови системи приходиться враховувати їх різні технічні і функціональні характеристики, що значно ускладнює створення та обслуговування неоднорідних систем.

Розрізняють обчислювальні системи з централізованим і децентралізованим управлінням. У першому випадку управління виконує виділений комп'ютер або процесор, в другому – ці компоненти рівноправні і можуть брати управління на себе.

Крім того, обчислювальні системи можуть бути:

- територіально-зосередженими (усі компоненти розташовуються у безпосередній близькості один від одного);
- розподіленими (компоненти розташовуються на значній відстані, наприклад, обчислювальні мережі);
- структурно-однорівневими (є тільки один загальний рівень обробки даних);
- багаторівневими (ієрархічними) структурами. В ієрархічних обчислювальних системах комп'ютери або процесори розподілені по різних рівнях обробки інформації, деякі з них можуть бути орієнтовані на виконання певних функцій.

Нарешті, як уже відмічалось, обчислювальні системи діляться на такі: одномашинні, багатомашинні, багатопроцесорні.

Слід відзначити, що архітектура обчислювальних систем постійно вдосконалюється. Еволюцію архітектур визначають різні фактори, головні з яких показані на рис. 3.5.

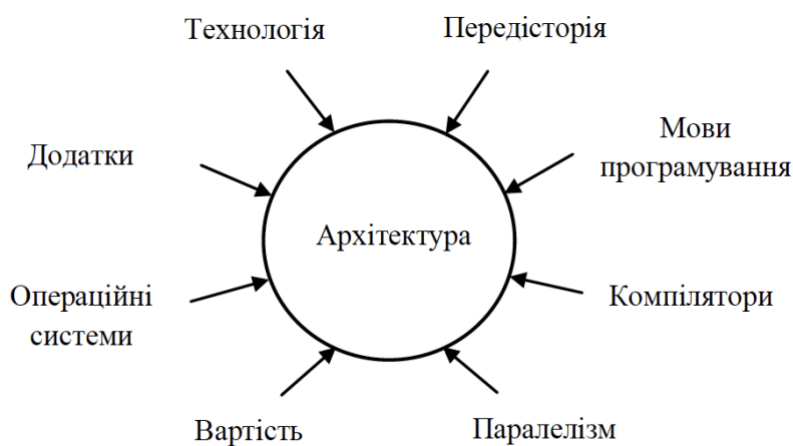


Рисунок 3.5 – Фактори, які визначають розвиток архітектури обчислювальних систем

Кожна зміна в архітектурі спрямована на абсолютне підвищення продуктивності або принаймні на більш ефективне розв'язання задач певного класу. Не зменшуючи ролі жодного з них, слід визнати, що найбільш очевидні

успіхи в галузі засобів обчислювальної техніки зв'язані з технологічними досягненнями.

Основні напрямки досліджень у галузі архітектури обчислювальних систем можна умовно розділити на дві групи: еволюційні і революційні.

До першої групи слід віднести дослідження, метою яких є вдосконалення методів реалізації вже досягнутих відомих ідей. В основному вони зв'язані з вдосконаленням архітектури мікропроцесорів (МП). Найбільш значимі із змін в архітектурі МП зв'язані з підвищенням рівня паралелізму на рівні команд (можливості одночасного виконання декількох команд). Тут у першу чергу слід відзначити конвеєризацію, суперскалярну обробку і архітектуру з командними словами надвеликої довжини (VLIW).

Друга група досліджень спрямована на створення абсолютно нових архітектур, які принципово відрізняються від традиційної фон-нейманівської архітектури (нетрадиційні архітектури).