

24 МІКРОПРОЦЕСОРНІ СИСТЕМИ

24.1 Загальна характеристика мікропроцесорних систем (МПС)

Мікропроцесорні системи призначені для автоматизації обробки інформації і управління різними процесами. Мікропроцесорна система включає в себе апаратне забезпечення (**hardware**) і програмне забезпечення (**software**).

Основу мікропроцесорної системи становить мікропроцесор (процесор), який виконує функції обробки інформації та управління. Решта пристроїв, що входять до складу мікропроцесорної системи, обслуговують процесор, допомагаючи йому працювати.

Обов'язковими пристроями для створення мікропроцесорної системи є **порти вводу/виводу** і частково **пам'ять**. Порти вводу/виводу пов'язують процесор з зовнішнім світом, забезпечуючи вводу інформації для обробки і виведення результатів обробки, або керуючих дій. До портів введення підключають кнопки (клавіатуру), різні датчики; до портів виведення – пристрої, які допускають електричне управління: індикатори, дисплеї, контактори, електроклапани, електродвигуни і т.д.

Пам'ять потрібна в першу чергу для зберігання програми (або набору програм), необхідної для роботи процесора. **Програма** – це послідовність команд, зрозумілих процесору, написана людиною (програмістом).

Мікропроцесорні системи поділяються на універсальні, спеціалізовані й багатопроцесорні (рис. 24.1).

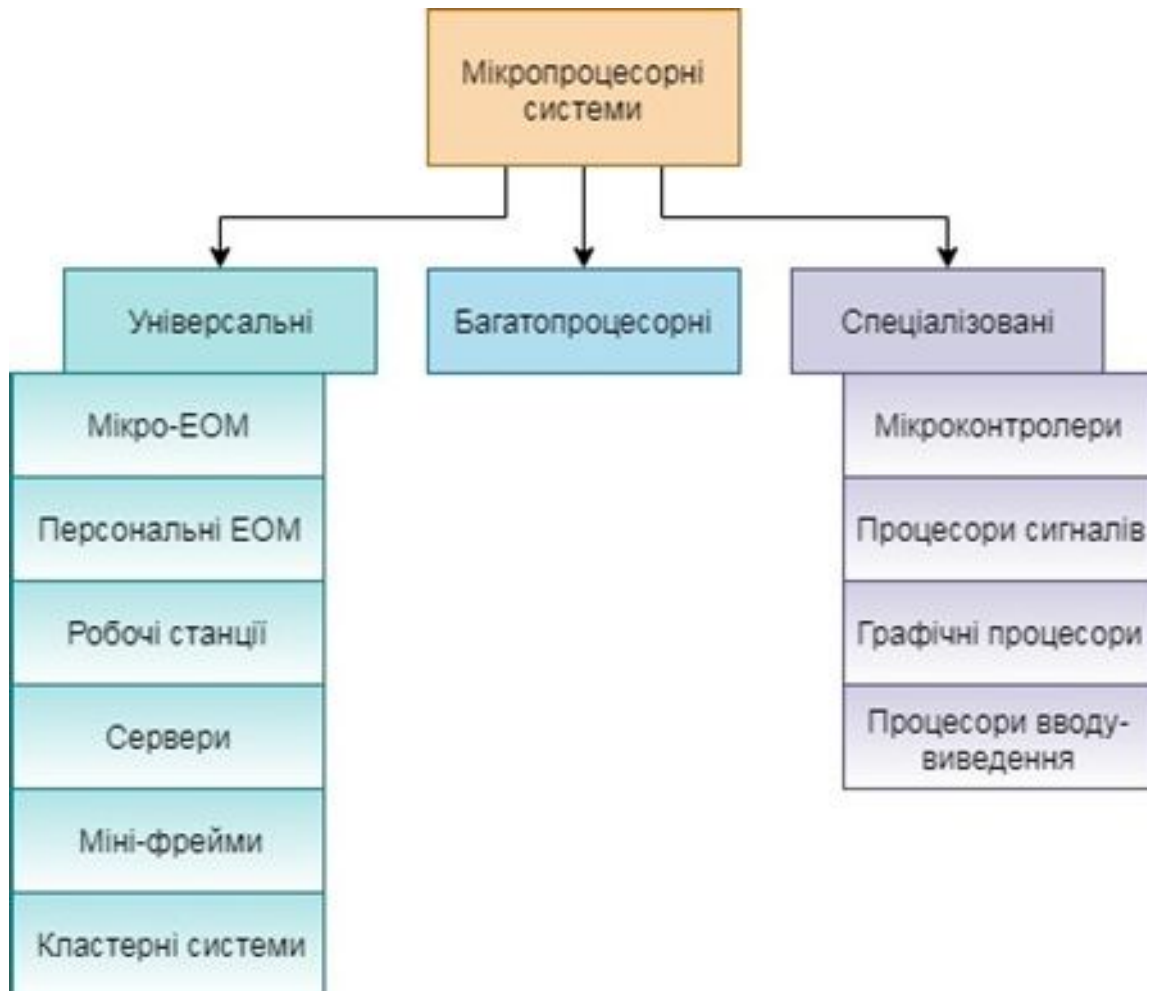


Рисунок 24.1 – Склад МПС

Універсальні МПС орієнтовані на розв'язання широкого класу задач:

- мікро-ЕОМ – комп'ютер малих розмірів на основі мікропроцесора. Це найбільш поширений клас МПС для різних технічних систем;
- ПЕОМ – персональні мікро-ЕОМ, розраховані на масового користувача;
- робочі станції – різні автоматизовані робочі місця;
- сервери – виконують частину функцій з обслуговування груп користувачів (розподіл ресурсів пам'яті, баз даних, принтерів та ін.);
- мейнфрейми – великі універсальні комп'ютери;
- кластерні системи – об'єднання машин з єдиним механізмом керування й програмного забезпечення, які забезпечують розподіл ресурсів, високу готовність, зручність розширення конфігурації.

Спеціалізовані МПС орієнтовані на вирішенню спеціалізованих завдань керування чи обробки інформації у складі технічних систем, цифрової обробки сигналів, обробки графіки.

Багатопроцесорні системи забезпечують функціонування багатьох процесорів під спільним керуванням.

Основними технічними характеристиками МПС є: розрядність, ємність пам'яті, продуктивність, кількість зовнішніх пристроїв та їхня пропускна здатність, функції системи та склад програмного забезпечення.

Розрізняють такі основні типи МПС:

- **мікроконтролери** являють собою найбільш простий тип, в якому усі або більшість вузлів системи представлені у вигляді однієї мікросхеми;
- **контролери** є керуєчими МПС, виконаними у вигляді окремих модулів;
- **мікрокомп'ютери** – потужніші МПС, що мають розвинені засоби сполучення з зовнішніми пристроями; комп'ютери будь-якого типу є найпотужніші і найбільш універсальні МПС.

Чітку межу між названими типами іноді провести досить складно, оскільки швидкодія всіх типів мікропроцесорів постійно зростає, і буває, що новий мікроконтролер може виявитися швидшим ніж, наприклад, застарілий комп'ютер. Але принципові відмінності між ними все ж існують.

Мікроконтролери є універсальними пристроями, практично завжди використовуються в складі більш складних пристроїв, в тому числі і контролерів. Системна шина мікроконтролера знаходиться всередині мікросхеми. Можливості підключення зовнішніх пристроїв до мікроконтролера обмежені. Пристрої, побудовані на мікроконтролерах, як правило, використовуються для виконання одного завдання.

Контролери зазвичай створюють для вирішення окремого завдання або групи близьких задач. Вони не мають можливості підключення додаткових вузлів і пристроїв (великий пам'яті, засобів вводу/виводу). Їх системна шина, як правило, недоступна для користувача. За структурою контролер простий і оптимізований під максимальну швидкодію. В основному виконуваним ним програми зберігаються в постійній пам'яті і не змінюються. Конструктивно контролери випускаються у вигляді однієї плати.

Мікрокомп'ютери відрізняє від контролерів відкритіша структура, оскільки в них допускається підключення до системної шини кількох додаткових

пристроїв. Випускаються мікрокомп'ютери в каркасі, корпусі з роз'ємами системної магістралі, які доступні для користувача. Мікрокомп'ютери мають засоби зберігання інформації на магнітних носіях (магнітні диски) і розвинені засоби зв'язку з користувачем (відеомонітор, клавіатуру). Мікрокомп'ютери призначені для вирішення ширшого кола завдань, ніж контролери, проте до кожної нової задачі їх потрібно пристосовувати заново. Програми, що виконуються мікрокомп'ютером, можна легко замінювати.

Комп'ютери, в тому числі і персональні, є найуніверсальнішими МПС. У них передбачена можливість удосконалення, а також широкі можливості підключення нових пристроїв. Системна шина комп'ютерів є доступною для користувача. Крім цього зовнішні пристрої мають можливість підключення до комп'ютера через кілька вбудованих портів зв'язку (кількість портів може доходити до 10). Комп'ютер має високо розвинені засоби зв'язку з користувачем, засоби тривалого зберігання інформації великого обсягу, засоби зв'язку з іншими комп'ютерами через інформаційні мережі. Області застосування комп'ютерів найрізноманітніші: від математичних розрахунків і обслуговування доступу до баз даних до управління роботою складних електронних систем, комп'ютерних ігор тощо.

24.2 Програмне забезпечення МПС

Для обробки інформації, недостатньо мати тільки тим, на чому це можна виконати, необхідно ще мати вказівки, як це виконати. Такі вказівки містяться в наборі програм, що представляють програмну частину системи обробки.

Сукупність, організований набір програм різного призначення забезпечують функціонування мікропроцесорної системи, автоматизації програмування і рішення задач, називають **програмним або математичним забезпеченням**.

Розрізняють системне програмне забезпечення, яке залежить від конкретного **застосування** (його поставляє виробник мікропроцесора або ЕОМ), і програмне забезпечення **користувача**, що розробляється останнім для вирішення певних завдань. Це дві частини єдиного програмного забезпечення.

Створення програмного забезпечення мікропроцесорної системи (мікро-ЕОМ) трудомістка і дорога процедура. Вартість програмної частини в багато разів перевищує витрати на апаратну частину або, як образно сказано в одному з журналів «Electronics», вартість програмного забезпечення «затмарює вартість всіх інших елементів системи». Для зменшення витрат програмне забезпечення прагнуть будувати так, щоб його можна було використовувати багаторазово, в мікропроцесорних системах різних видів. Системи, для яких може бути застосовано загальне програмне забезпечення, називають програмно-сумісними. Для них характерні єдині набір команд, форма представлення даних, система адресації.

Як уже зазначалося, програма – це сукупність команд для виконання певної операції або функції. Нерідко програма складається з певної кількості стандартних програм або підпрограм, згідно з якими здійснюється специфічні обчислення, вирішуються часткові завдання. Значимість деяких стандартних програм настільки велика або вони так часто застосовуються, що в мікропроцесорній системі (або мікро-ЕОМ) ці програми зберігаються в закодованій формі, яка називається **мікрокомандою**.

Для значної частини мікропроцесорів, а також мікро-ЕОМ і мікроконтролерів характерне «індивідуальне» програмне забезпечення, що ускладнює застосування мікропроцесорів і побудову мікропроцесорних систем.

Мікропроцесор виконує деякі функціонально завершені послідовності дій над числами – **операндами**. Ці послідовності маркуються (позначаються) такою ж "мовою" чисел, яка сприймається пристроєм управління мікропроцесора. Число-маркер, поставлене у відповідність деякій послідовності дій мікропроцесора з обробки інформації в рамках своєї структури, називається **кодом операції**, а сама послідовність – **командою**.

Повний набір команд, які здатний виконувати мікропроцесор, називається **системою команд**. **Програмою** називається послідовність дій **конкретного** елемента мікропроцесорної системи, описана в термінах його команд.

Таким чином, принциповою перевагою мікропроцесора є його програмованість, тобто можливість налаштування на конкретний вид перетворень

вихідного інформаційного потоку. Необхідна умова програмованості – можливість описати будь-яку дію з необхідною для мікропроцесора ступенем деталізації (до команд).

В даний час при створенні мікропроцесорної системи понад 90% витрат припадає на програмне забезпечення (ПЗ). Тому однією з умов успішного впровадження мікропроцесорної системи є наявність вже розробленого і добре розвиненого ПЗ під обраний мікропроцесорний комплекс, яке зазвичай складається з двох частин: резидентної і крос-забезпечення

Резидентне ПЗ – це сукупність програм, розроблених для конкретної мікропроцесорної системи на мові, яка використовується для процесора. До нього можна віднести:

- **програми самодіагностики** для контролю правильності функціонування даної мікропроцесорної системи;

- **прикладні програми**, які безпосередньо реалізують функції, покладені на систему користувачами (управління об'єктами, проектування виробів тощо);

- **операційна система**, що забезпечує як організацію спільного функціонування всіх елементів її структури (**монітор**, що включає в себе **драйвери** зовнішніх пристроїв – програми, що реалізують інформаційно-логічне сполучення обчислювального пристрою з ним), так і розподіл ресурсів мікропроцесорної системи між прикладними програмами (процесами) користувача (**супервізорна частина**);

- **середовища розробки ПЗ**, що є комплексом програм, необхідних для створення програмного забезпечення мікропроцесорної системи: **текстові редактори; транслятори**, які здійснюють перевід вихідного тексту програми на формальній мові в виконувану програму на мові процесора; **відлажувачі**, що дозволяють різними методами знаходити помилки в розробляється ПЗ. При цьому засоби налагодження повинні керувати виконанням програми (зупиняти, змінювати порядок, запускати), збирати інформацію про хід її виконання, забезпечувати діалог між програмістом і ЕОМ на рівні мови програмування.

Іншу велику частину програмного забезпечення мікропроцесорного комплексу становить **крос-забезпечення** – це сукупність програм для розробки і

налагодження резидентного ПЗ мікропроцесорної системи на мікропроцесорної системи (ПЕОМ) з іншим типом мікропроцесора. До них відносяться:

- **текстовий редактор**, який забезпечує введення в крос-систему і коригування програми користувача мовою оригіналу;
- **інтерпретатор**, який переводить програми з вихідного мови в команди мікропроцесора з одночасним їх виконанням;
- **дизасемблер** – транслятор, який здійснює зворотне перетворення виконуваної програми з мови команд мікропроцесора на формальну мову – Асемблер;
- **програмний емулятор**, що дозволяють промоделювати роботу мікропроцесора й інших апаратних засобів мікропроцесорної системи, що розробляється, на іншій ЕОМ.

24.3 Склад МПС

Структура мікропроцесорної системи представлена на рис. 24.2. У спрощеному вигляді процесор складається з арифметично-логічного пристрою, що здійснює обробку цифрової інформації і пристрою керування.

Пам'ять зазвичай включає постійно-запам'ятовуючий пристрій ПЗП (ROM), що є незалежним і призначений для довготривалого зберігання інформації (наприклад, програм), і оперативно-запам'ятовуючий пристрій ОЗП (RAM), призначений для тимчасового зберігання даних.



Рисунок 24.2 – Структура мікропроцесорної системи

Процесор, порти і пам'ять взаємодіють між собою за допомогою шин. **Шина** – це набір провідників, об'єднаних за функціональною ознакою. Єдиний набір системних шин називають **внутрішньосистемна магістраль**, в якій виділяють:

- шину даних DB (Data Bus), через яку проводиться обмін даними між процесором, пам'яттю і портами;
- шину адреси AB (Address Bus), що використовується для адресації процесором комірок пам'яті і портів;
- шину управління CB (Control Bus), набір ліній, що передають різні керуючі сигнали від процесора на зовнішні пристрої і назад.

Мікропроцесорна система (МПС) – цифровий пристрій або цифрова система (система обробки даних, контролю та керування), побудована на базі одного або кількох мікропроцесорів.

В основі організації мікропроцесорних систем лежать два принципи. **Програмно-апаратний принцип** побудови МПС – один з основних принципів їх організації. Цей принцип полягає в тому, що реалізація цільового призначення МПС досягається не тільки апаратними засобами, але і за допомогою програмного забезпечення. Другий принцип – **магістральної-модульний принцип**. Відповідно до цього принципу основні структурні компоненти МПС виконуються у вигляді окремих функціонально закінчених модулів, які підключаються до єдиної внутрісистемної магістралі (шини).

Мікропроцесорний модуль включає мікропроцесор, генератор тактових імпульсів (ГТІ), а також, можливо, і інші пристрої, наприклад, таймер, контролер переривань і т.п.

У підсистемі пам'яті виділяють модулі ОЗП, призначених для зберігання змінних і завантажуваних ззовні програм, і модулі ПЗП, які використовуються для зберігання програм і констант.

У складі підсистеми вводу/виводу в найпростішому випадку виділяються адресовані процесором буферні схеми і регістри – порти введення/виводу. Вони призначені для зв'язку з простими зовнішніми пристроями, такими як світлодіодні індикатори, перемикачі тощо. Більш складні модулі підсистеми вводу/виводу, призначені для управління зовнішнім інтерфейсним устаткуванням і реалізації спеціальних функцій вводу/виводу, будуються на основі портів введення/виведення і називаються адаптерами або контролерами периферійних пристроїв. Найбільш складними з модулів підсистеми вводу/виводу є процесори

(співпроцесори) вводу/виводу, які працюють за власними програмами, що зберігаються в пам'яті, і по суті є окремими мікропроцесорними системи.

24.4 Архітектура МПС

За кількістю і структурою шин для передачі команд і даних розрізняють одно- і двошинні МПС.

Архітектуру мікропроцесорної системи із загальною, єдиною шиною для даних і команд, називають одношинною (або прінстонською, фон-неймановською). У складі системи в цьому випадку присутній одна спільна пам'ять, як для даних, так і для команд (рис. 24.3).

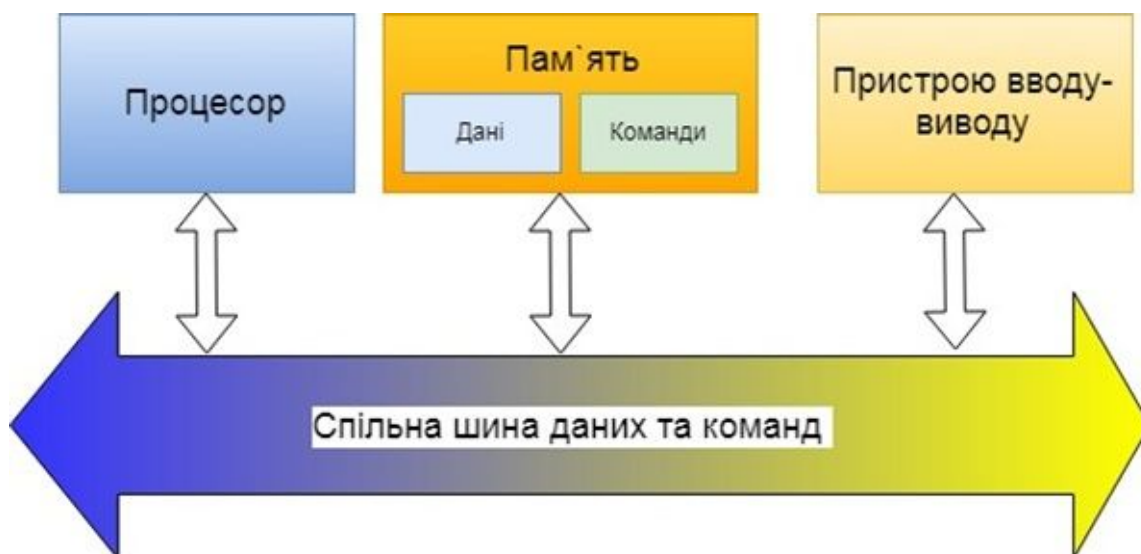


Рисунок 24.3 –Архітектура з загальною шиною даних і команд

Архітектуру мікропроцесорної системи з роздільними шинами даних і команд називають двошинною (або гарвардською). Вона передбачає наявність у системі окремої пам'яті для даних і окремої пам'яті для команд (рис. 24.4). Обмін процесора з кожним з двох типів пам'яті відбувається за своєю шині.

Архітектура з загальною шиною використовується набагато частіше, наприклад в персональних комп'ютерах і в складних мікрокомп'ютерах. Архітектуру з роздільними шинами застосовують в основному в однокристальних мікроконтролерах.

Розглянемо деякі переваги і недоліки обох архітектурних рішень.

Архітектура з загальною шиною простіша, вона не вимагає від процесора одночасного обслуговування і контролю обміну за двома шинами. Наявність

або в пристрій вводу-виводу), а також читати команди з пам'яті. Так як пересилати коди через магістраль одночасно не можна, то вони виробляються по чергово. Підвищення тактової частоти і вдосконалення структури процесорів дають можливість скоротити час виконання команд. Але подальше збільшення швидкодії системи можливе тільки у випадку поєднання пересилання даних і читання команд, тобто у випадку переходу до архітектури з двома шинами.

Для двошинної архітектури обмін через обидві шини може бути незалежним, паралельним в часі. Структури шин (кількість розрядів коду адреси та коду даних, порядок і швидкість обміну інформацією тощо) вибирають оптимальними для того завдання, яке вирішується кожної шиною. Тому за інших рівних умов перехід на двошинну архітектуру прискорює роботу МПС, хоча і вимагає додаткових витрат на апаратуру і ускладнення структури процесора. Пам'ять даних і пам'ять команд в цьому випадку мають свій розподіл адрес.