

3. МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ

Мікропроцесорна система – це сукупність великої кількості функціональних пристроїв, одним з яких є мікропроцесор.

Мікропроцесор – програмно-керований пристрій, призначений для обробки цифрової інформації та керування процесом цієї обробки. Мікропроцесор виконаний у вигляді однієї (або кількох) інтегральної схеми з високим ступенем інтеграції електронних елементів.

Будь-яка мікропроцесорна система складається з підсистеми пам'яті кількох рівнів (постійний запам'ятовувальний пристрій, оперативний запам'ятовувальний пристрій, зовнішній запам'ятовувальний пристрій), пристроїв вводу та виведення даних, блоків з'єднання з датчиками й виконавчими механізмами.

Оскільки керування підсистемою забезпечує мікропроцесор, то відповідно і всю підсистему називають мікропроцесорною системою (МПС) певної підсистеми. Кожна підсистема здійснює керування виконавчими пристроями за програмою, яка закладена в постійній пам'яті процесора, з урахуванням інформації від датчиків.

На етапі передачі інформації від датчиків до системи її обробки може бути використаний частотний, часовий, кодовий та комбінований розподіл каналів. У комбінованих системах можуть використовуватися всі вказані способи розподілення сигналів.

Для прийому та обробки сигналів аналогових датчиків їх сигнали електронною схемою підсилюються, оцифровуються з допомогою аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) та передаються до мікропроцесора для програмної обробки.

При зміні величини контрольованого параметра відповідно змінюється вихідний електричний сигнал датчика А (рис. 3.3). Якщо це сигнал не напруги, а іншого електричного параметра, то сигнал перетворюється на зміну напруги U , яка надходить на вхід АЦП. При обробці аналогового сигналу в АЦП відбувається його дискретизація, коли певному рівню аналогового сигналу U відповідає певний двійковий код N , наприклад, при $U=3$ код буде 011 і т.п.

Мехатронна система поєднує властивості електромеханічних компонентів з новітньою електронікою, а керуванням ними здійснюється з допомогою мікропроцесорів і мікроконтролерів, комп'ютерних систем чи інших інтелектуальних пристроїв. При цьому система в істинно мехатронному підході, не зважаючи на використання стандартних компонентів, базується якомога більш монолітно.

Мікропроцесорна система – це мікро-ЕОМ або обчислювальний комплекс, побудований на основі мікропроцесорного комплексу (МПК), великих та/або надвеликих інтегральних схем. До складу МПК можуть входити мікропроцесорні та інші інтегральні мікросхеми різних

схемотехнічних типів, якщо тільки вони сумісні за архітектурою, електричними параметрами та конструктивним виконанням.

Мікропроцесорний пристрій – це функціонально і конструктивно закінчений виріб, що є схемно конструктивним поєднанням кількох мікросхем, в тому числі одного або кількох мікропроцесорів, і призначений для виконання однієї або кількох функцій: отримання, обробки, передачі, перетворення інформації та керування.

Сутність застосування мікропроцесорів полягає в тому, що вони замінюють цифрові ІС малого та середнього ступеня інтеграції і надають пристроям, в яких вони використовуються, властивостей «інтелектуальності».

Пристрої і системи, побудовані на основі мікропроцесорів, мають дві основних переваги порівняно з пристроями, реалізованими апаратним способом:

- мають більш високу функціональну гнучкість, тому що перебудова для вирішення нового завдання потребує лише зміни програми без змін апаратної частини;
- потребують меншої кількості елементів, ніж пристрої на логічних мікросхемах малого і середнього ступеня інтеграції.

Об'єктом керування в мехатроніці пересічно є складна багатозв'язна система (з допомогою інтерфейсів). Багатозв'язність системи означає, що рух кожного елемента системи впливає на рух решти елементів.

Основу системи керування становить системний модуль, який одержує від датчиків ін-формацію про стан об'єкта. Цей стан характеризується комплексом параметрів, які відбивають стан, умови роботи об'єкта, керування і впливи, що змінюють його стан. Режим роботи об'єкта керування визначається керуючим впливом G тих органів керування, на які впливає водій.

Керуючий вплив G перетворюється відповідним перетворювачем (задатчиком), що входить у групу датчиків D , в інформаційний сигнал, по якому процесор ідентифікує (розпізнає) необхідний режим роботи. Інші датчики D і активатори A розташовані на об'єкті або пов'язані з його системами. Датчики безпосередньо сприймають фізичні параметри об'єкта й перетворюють їх в електричні сигнали, які надходять у системний модуль SM . У результаті арифметичної і логічної обробки інформації отриманої від датчиків, обчислювальний вузол системного модуля виробляє керуючі сигнали, що передаються на активаторі A .

МПС розрізняються сферами застосування, архітектурою та конструктивним виконанням. Архітектуру МПС можна описати трьома складовими:

- склад, характеристики і структурна організація (взаємозв'язок) пристроїв МПС;
- принцип функціонування;
- набір машинних команд, або інструкцій (машинна мова).

Сучасні МПС реалізують архітектуру, яка впроваджує, як

правило, такі

принципи:

- програми, що зберігаються в пам'яті;
- адресне звертання пристроїв МПС одне до одного;
- магістрально-модульна структура.

Важливою характеристикою МПС є кількість центральних процесорів. За

цією ознакою розрізняють такі види МПС:

- однопроцесорні системи;
- мультипроцесорні системи;
- багатомашинні системи (обчислювальні комплекси).

Мікропроцесорна система керування дає можливість істотно розширити інформаційні зв'язки, враховувати більшу кількість впливових факторів процесу (енергетичні, речовинні, інформаційні) та реалізувати оптимальні закони керування.

Можна виділити два основних види однопроцесорних систем:

- мікро-ЕОМ, орієнтовані на певні сфери застосування, клас задач і/або користувачів (універсальні). Існує велика кількість видів універсальних мікро-ЕОМ у мережних інформаційно-обчислювальних системах: персональні мікро-ЕОМ і робочі станції; сервери, маршрутизатори і комутатори;

- спеціалізовані мікро-ЕОМ або мікроконтролери (МК). Спеціалізовані мікро-ЕОМ призначені для вирішення одного або обмеженої кількості завдань з максимально можливою ефективністю.

Мультипроцесорні системи характеризуються тим, що кожен процесор відносно незалежно виконує свою програму, причому спільна операційна система (ОС) розподіляє навантаження між процесорами.

Взаємодія процесорів здійснюється через спільну оперативну пам'ять (ОП). ОС розподіляє спільні периферійні пристрої між процесорами. Таким чином, є можливість розпаралелювати обчислювальний процес, а у разі відмови якого-небудь процесора оперативно перерозподіляти роботу між процесорами, що залишилися роботоздатними. Завдяки такій організації досягається висока продуктивність і стійкість до відмов.

Універсальний мікропроцесор є програмно-керованою надвеликою інтегральною схемою, що призначена для обробки цифрової інформації. Типовими вузлами мікропроцесора є блок керування, регістри суматори, лічильники команд і дуже швидкісна пам'ять з малим обсягом (кеш-пам'ять, звичайно, статичного типу). Деякі мікропроцесори доповнюються співпроцесорами, що розширюють можливості мікропроцесорів і набір виконуваних команд. Мікропроцесорна система використовується при цьому як технічний засіб для реалізації інформаційних зв'язків при керуванні потоками енергії в технічній системі, наприклад, у подачі пального до двигуна.

Мікропроцесори та мікро-ЕОМ у вимірювальній інформаційній системі використовують для зв'язування приладів у єдиний комплекс і

виконання таких функцій: контролюючих, обчислювальних, тестових, сервісних і розподіленої обробки даних.

Технічні рішення, що закладаються в універсальні МП служать у першу чергу завданню отримання максимальної швидкодії, у другу – завданням мінімізації споживаної енергії та вартості.

МП характеризуються описаними далі параметрами.

Тактова частота – частота повторення сигналів, що синхронізують роботу мікросхем комп'ютера. Ці сигнали виробляє тактовий генератор центрального процесора, вони використовуються для створення єдиного стандарту часу для керування усіма процесами, що відбуваються у пристроях комп'ютера.

Розрядність – максимальна кількість розрядів двійкового коду (біт), з якою може одночасно працювати пристрій.

Регістри – комірки пам'яті всередині мікропроцесора, в кожній з яких можна зберігати одне число. Діапазон чисел, які можна зберігати в регістрі, залежить від його розрядності. Основне призначення регістрів – оперативне зберігання операндів та адрес комірок пам'яті. Оскільки регістри розташовані безпосередньо на кристалі мікропроцесора, час звертання до них невеликий і їх можна вважати надоперативним запам'ятовуючим пристроєм (ЗП).

Електронна пам'ять мікропроцесора містить операнди і програму, яку виконує процесор. Пересічно використовується два види пам'яті: постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП).

Кеш-пам'ять – буферна пам'ять, у якій дані зберігаються разом з їх адресою в основній пам'яті. Кеш-пам'ять має невеликий обсяг, нетривалий час доступу і використовується додатково до основного ОЗП. Її використання дає можливість скоротити кількість звертань до основного ОЗП.

Мікропроцесор з CISC-архітектурою (Complicated Instruction Set Computer – CISC), що означає – комп'ютер зі складним набором команд. Таку архітектуру також називають «класичною», тому що вона була розроблена першою і тривалий час залишалась єдиною. МП з CISC-архітектурою застосовуються, як правило, в персональних комп'ютерах і серверах. Команди таких МП мають багато різних форматів і вимагають для свого представлення різної кількості комірок. Це зумовлює визначення типу команди в ході її дешифрації під час виконання, що ускладнює пристрій керування процесора і перешкоджає підвищенню тактової частоти до рівня, якого можна досягти в RISC-процесорах на тій самій елементній базі. Лідером у виробництві процесорів з CISC-архітектурою є фірма Intel, мікропроцесорами якої комплектується більшість персональних комп'ютерів.

Мікропроцесор з RISC-архітектурою (Reduced Instruction Set Computer – RISC), тобто комп'ютер зі скороченим набором команд. Ідея, закладена в основу RISC-архітектури, така: залишити в системі команд

найбільш уживані й універсальні інструкції, вилучивши складні та рідко вживані. Результатом стало суттєве спрощення центрального керування й вивільнення частини поверхні кристала процесора для розміщення більш потужних засобів обробки даних.

Мікроконтролер – функціонально закінчений мікропроцесорний керуючий пристрій, призначений для безпосереднього вбудовування в об'єкт керування, який має на одному кристалі крім власне мікропроцесора модулі пам'яті програм і даних, а також необхідні інтерфейсні схеми.

Мікроконтролери (МК) використовуються для керування різними системами. У найпростіших модулях використовують контролери, функції яких обмежені завданням керування механічним рухом однією або двома координатами. Сучасні контролери реалізують керування зі зворотним зв'язком.

Мікроконтролери виконують функції логічного аналізу й керування (тому завдяки виключенню, наприклад, арифметичних операцій можна зменшити їх апаратну складність або розширити функції логічного керування). Передусім мікроконтролери є ланкою перетворення інформації, що надходить від датчиків, які вмонтовано у складові частини мехатронного об'єкта, до виконавчих пристроїв. Інтеграція на кристалі елементів електроніки, механіки, інформатики та вимірювальної техніки привела до створення мехатронних (синергетичних) пристроїв.

На рис. 3.1 наведена структурна схема базового мікроконтролера.

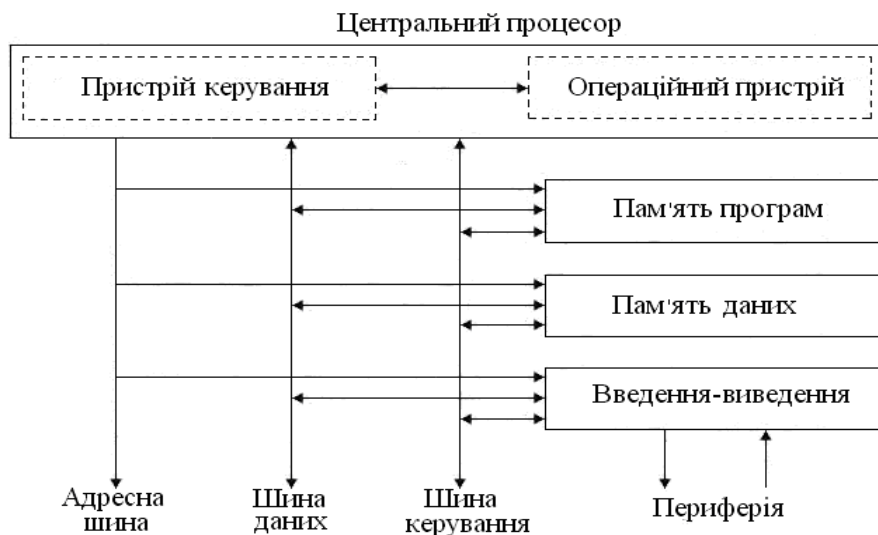


Рис. 3.1 Структурна схема базового мікроконтролера

На рис. 3.2 наведена структурна схема системного модуля-контролера (СМ); на ній показані лише ті елементи, які необхідні для пояснення зв'язків СМ з периферією (датчиками й активаторами). До складу СМ можуть входити десятки пристроїв введення-виведення (ПВВ) розділених на групи, що утворюють порти вводу-виводу. Отже основу системного модуля складає один або кілька мікропроцесорів з пристроями введення-виведення.

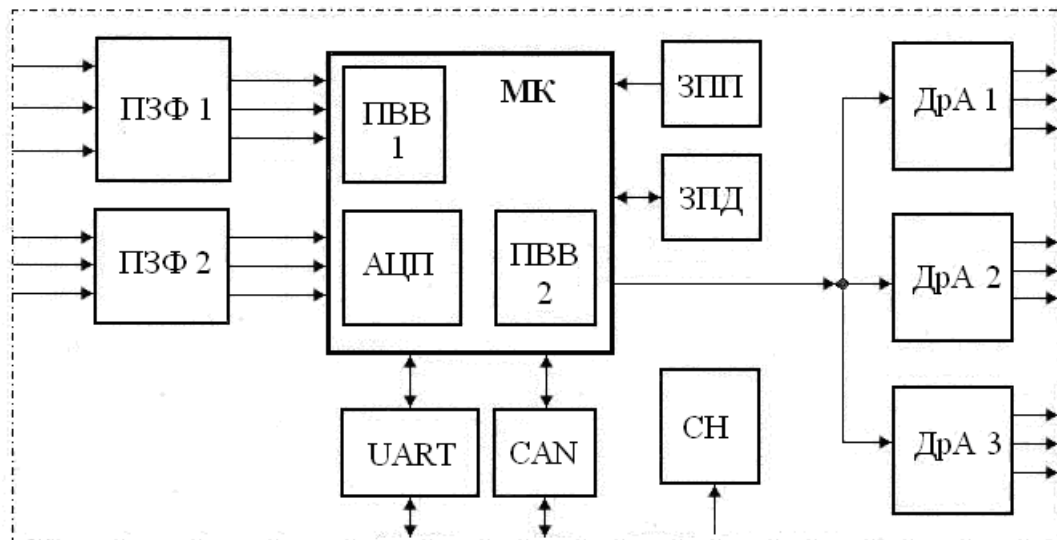


Рис. 3.2 Структурна схема системного модуля-контролера:

МК – мікроконтролер; ПВВ – пристрій введення-виведення; АЦП – аналогово-цифровий перетворювач; ЗПП – зовнішня пам'ять програм; ЗПД – зовнішня пам'ять даних; UART – послідовний інтерфейс; CAN – інтерфейс міжсистемного обміну; СН – стабілізатор напруги; ДрА 1, ДрА 2, ДрА 3 – драйвери активаторів (виконавчих пристроїв); ПЗФ – пристрої захисту й фільтрації сигналів цифрових (1) та аналогових (2) датчиків

Мікроконтролери мікропроцесорних систем призначені для керування об'єктами; до їх складу повинні входити пристрої введення (різні датчики) і виведення – команди на виконавчі механізми (реле, пускачі, електродвигуни). Мікроконтролер – це складна цифрова система, що розміщена на кристалі і до складу якої входить 8-, 16- або 32-розрядний процесор, внутрішня пам'ять програми (десятки кілобайт), широкий набір інтерфейсних і периферійних пристроїв, зокрема, портів введення-виведення, таймерів, алфавітно-цифрових перетворювачів тощо. Їх використовують як складові пристроїв систем керування: інформаційно-вимірювальних, контрольно-діагностичних, технологічними процесами, апаратури реєстрації та контрольно-вимірювальної.

Обчислювальні функції розподіляються між програмованими контролерами. Можливість розподілення обробки даних забезпечує високу надійність керування вимірювальною системою.

Структурна схема узагальненого мікроконтролера, який управляє двигуном наведена на рис. 3.3. На ній прийняті такі скорочення: ПУА – пристрій керування автомобіля; ПУ – пульт керування; ВДЖ – вторинні джерела живлення. **Склад МК:** МП – мікропроцесор. **Датчикова апаратура:** Д – датчики; З – задатчики; ПВП – первинні вимірювальні перетворювачі. **Виконавчі пристрої:** П – підсилювачі; ВМ – виконавчі механізми. **Склад МП:** ПВВ – пристрій введення-виведення; АЛП – арифметико-логічний пристрій; ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій; ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій; ППЗП – перепрограмований запам'ятовуючий пристрій. **Інтерфейс вводу:** КОМ – комутатор; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; ІЦП – імпульсно-

цифровий перетворювач. **Інтерфейс виводу:** ФКІ – формувач командних імпульсів; РКІ – розподільувач командних імпульсів; ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач.

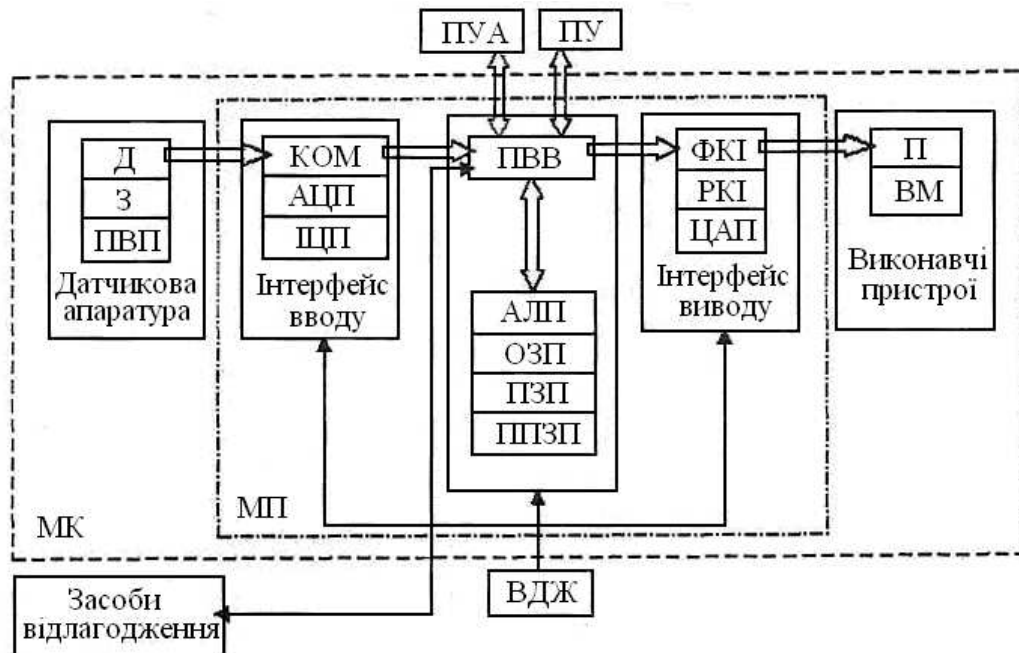


Рис. 3.3. Схема узагальненого мікроконтролера

Оснoву мікроконтролера складає мікропроцесор з пристроями введення і виведення, який отримує інформацію від датчикової апаратури через інтерфейс введення та управляє двигуном через інтерфейс виведення. Крім того, мікропроцесор здійснює діагностування двигуна й самої МПСК

Мікропроцесор має три типи пам'яті:

1. ОЗП, що необхідний для зберігання поточної інформації та забезпечення роботи системи керування. Інформація, яка знаходиться в ньому, втрачається у разі вимкнення живлення (акумуляторної батареї).

2. ПЗП, в якому знаходяться програми, що забезпечують керування і конкретні значення калібрувань (калібрування – конкретні числові значення параметрів програм) даної системи. Ці дані неможливо змінити без заміни ПЗП або його перепрограмування на спеціальних установках.

3. ППЗП використовується для тимчасового зберігання додаткової інформації, необхідної для роботи системи. Інформація в ньому є енергонезалежною і може зберігатися у разі вимкнення живлення мікроконтролера.

Мікроконтролер має зв'язки як з ПУА, так і з ПУ, на яких працює водій (або наладчик системи у процесі налагодження МПСК для чого передбачено підключення засобів налагодження).

Головний задатчик – датчик, що встановлений безпосередньо на педалі та фіксує її положення. Інші задатчики конструктивно можуть бути включені в пульт керування.

Датчики розташовані у різних системах автомобіля. У системи вбудовуються і виконавчі механізми, а підсилювачі інколи розташовуються поблизу цих механізмів.

Решта елементів мікроконтролера та вторинні джерела живлення пересічно включені у так званий електронний блок керування – ЕБК або ECU (англ. Electronic Control Unit).

Пристроями виведення мікроконтролерів є виконавчі механізми об'єктів, як правило, це електронна система керування електричними дротами. Для спряження виходу МК з системою виводу до складу мікроконтролерів входять також перетворювачі цифрового коду в аналогові сигнали – цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП).

Мікроконтролери звичайно працюють в реальному масштабі часу і виконують обмежений набір програм, які повторюються у часі.

В наші дні на базі МК створюють інтелектуальні датчики, системи керування технічними системами машин. МК дають можливість реалізувати закони керування будь-якої складності.

Пристроями вводу в мікроконтролери є перетворювачі інформації, а саме датчики, встановлені на об'єкті керування. До складу мікроконтролерів звичайно входять перетворювачі аналогових сигналів у цифровий код – аналого-цифрові перетворювачі. Цифровий мікропроцесор не може безпосередньо обробляти аналогові сигнали. У сучасних системах АЦП інтегрований на кристал МК і використовується для введення сигналів аналогових датчиків.

На рис. 3.4 наведена узагальнена структура мікропроцесорного ядра. Умовно в ній можна виділити блок обробки команд і блок обробки даних. Блок обробки команд складається з регістра команд (РК) та керуючого пристрою (УП). Блок обробки даних включає АЛП, регістр-накопичувач, буферний регістр (БР), регістр ознак (РО), блок регістрів загального призначення (БРЗП), регістр адреси (РА).



Рис. 3.4 – Узагальнена структура мікропроцесорного ядра

Арифметико-логічний пристрій (АЛП) є однією з найважливіших частин мікропроцесора. Він призначений для виконання арифметичних і логічних операцій над числами у двійковому коді. АЛП побудований на базі паралельного суматора, тому для нього базовою операцією є операція додавання двійкових чисел. Інші операції АЛП виконує з допомогою спеціальних команд, двійкові коди яких зберігаються у зовнішній пам'яті. До складу арифметичних операцій, крім додавання, входять операції віднімання, порівняння, порозрядного множення, а також логічні операції «І», «АБО» та «НІ».

Для АЛП найважливішою характеристикою є розрядність, яка і визначає розрядність усього МП. У сучасних мікропроцесорів розрядність може доходити до 64, що дає можливість ефективно працювати з великими числами, а також спростувати адресацію при роботі з великими обсягами даних. Мікропроцесор виконує роль центрального пристрою керування та пристрою арифметико-логічних перетворень даних.

Програмний лічильник (на схемі рис. 4.8 він не показаний) використовується для формування адреси чергової виконуваної команди. Команд розміщені в комірках пам'яті з послідовними адресами. Після того як чергова комірка пам'яті зчитана в мікропроцесор, вміст лічильника збільшується на одиницю. Процедура збільшення вмісту лічильника повторюється при виконанні всіх команд програми. У разі необхідності зміни порядку виконання програми (наприклад, при організації умовних і безумовних переходів) вміст лічильника змінюється з допомогою спеціальних команд. Розрядність лічильника команд відповідає розрядності адрес комірок пам'яті, тобто розрядності шини даних.

До складу мікропроцесора входить кілька регістрів, об'єднаних у

блок регістрів. За своїм призначенням регістри МП розділяються на дві категорії:

- регістри загального призначення;
- спеціальні регістри.

Регістри загального призначення (РЗП) виконують функції надоперативної пам'яті. Наявність РЗП на кристалі МП розширює його внутрішні можливості щодо зберігання даних і дає можливість збільшити продуктивність МП без збільшення тактової частоти. До всіх РЗП можлива програмна адресація.

Алгоритми є основою програмного забезпечення (ПЗ) і реалізуються у програмних модулях, записаних у ПЗП мікроконтролера.

Наприклад, комплексна система динамічної стабілізації, яка встановлюється на автомобілі Mercedes-Benz, має блок керування з 32-бітним мікропроцесором, що оснащений 56-кілобайтною пам'яттю і завдяки ПЗ управляє кількома електронними системами: динамічної стабілізації, антиблокування, протибуксування, екстреного гальмування тощо. А із блоком керування двигуном він спілкується за допомогою загальної шини даних CAN.

Контрольні запитання

1. Яке призначення і принципи функціонування мікропроцесорних систем в керуванні робочими процесами?
2. Які складові має архітектура мікропроцесорної системи?
3. Яке призначення мікроконтролерів у системах, якими управляють?
4. Яке призначення мають арифметико-логічного пристрою у мікропроцесорах?
5. Яке призначення мають електронні блоки у мехатронних системах?
6. Приведіть перелік систем електронного керування автомобілем.
7. Наведіть приблизний склад компонентів електронного керування сучасного автомобіля.