

Лекція 15. ПРОГРАМОВАНІ ЛОГІЧНІ КОНТРОЛЕРИ. МІКРОКОНТРОЛЕРИ

15.1. Програмовані логічні контролери.

15.2. Мікроконтролери.

15.3. Структура мікроконтролера.

15.4. Зіставлення основних етапів створення пристроїв керування на основі цифрових автоматів з жорсткою логікою і програмованих.

15.1. Програмовані логічні контролери

Зрозуміло, що продуктивність устаткування та точність виконання технологічних операцій значною мірою залежать від ступеня автоматизації. Також зрозуміло, що у наш час найкраще забезпечують це електронні пристрої керування, особливо цифрові.

Тут слід зазначити, що цифрові пристрої керування реалізуються як автомати з жорсткою логікою або програмовані.

Апаратні методи побудови цифрових пристроїв керування з жорсткою логікою близькі до методів побудови значно поширених раніше аналогових систем керування: для виконання кожної функції використовується окремий елемент або група елементів, і введення нової функції вимагає введення нових елементів. Системи керування, реалізовані такими методами, мають високу швидкодію та надійність, традиційні принципи їхньої побудови не викликають труднощів при розробленні та експлуатації (з точки зору застосовуваного при регламентних та ремонтних роботах обладнання, приладів, з огляду на рівень кваліфікації персоналу). У той самий час вони складаються з великої кількості електронних компонентів (в основному інтегральних мікросхем – ІМС – середнього ступеня інтеграції), громіздкі, мають малу гнучкість за необхідності змін алгоритму керування (або частіше взагалі не дозволяють цього робити) та дорого коштують. Вони вимагають індивідуального розроблення, причому кількість типів функціональних модулів, що створюють функціонально закінчену систему, яка використовується для побудови різних систем керування, виявляється значною. Отже, використання пристроїв керування з жорсткою логікою вимагає у кожному окремому випадку розроблення спеціального унікального пристрою.

Для створення МПП керування технічними пристроями зручно використовувати програмовані мікроконтролери, що випускаються промисловістю.

Програмовані пристрої будуються на основі процесорів, як правило, у мікрвиконанні – мікропроцесорів.

Необхідно зазначити, що побудова пристрою керування класу, що нами розглядається, на основі мікропроцесорного набору (власне процесор, оперативний та постійний запам'ятовувальні пристрої, інтерфейс та ін.) за величиною апаратних затрат мало відрізняється від його реалізації на ІМС середнього ступеня інтеграції. Вартість розроблення та реалізації такого пристрою виявляється навіть більшою за вартість пристрою з жорсткою логікою на ІМС середнього ступеня інтеграції. Крім того, мікропроцесорні пристрої висувають зовсім інші вимоги до кваліфікації як розробників апаратури, так і до тих, що забезпечують експлуатацію. Але гнучкість програмованих пристроїв керування занеобхідності змін алгоритму, що має величезне значення як на етапах розроблення, так і при

експлуатації одиночно- або малосерійно-продукованого технологічного устаткування, робить їхнє застосування дуже перспективним. Тут могли б бути у пригоді програмовані логічні контролери.

Зазначимо, що раніше контролерами називали багатопозиційні перемикачі для комутації електричних кіл (наприклад, як ті, що застосовуються для керування трамваєм).

Програмований логічний контролер – це програмований логічний пристрій керування з мовою програмування, доступною для неспеціалістів з інформатики (спочатку, наприклад, мали мову ступінчастих діаграм і призначалися для заміни релейних шаф керування послідовними логічними процесами в умовах промисловості у реальному масштабі часу).

Малогабаритні і гнучкі у програмуванні ПЛК спочатку використовувалися для заміни логічних пристроїв керування, виконаних на електромагнітних реле, що займали цілі шафи. Надалі, з появою мікроелектронних ЦАП і АЦП, їх почали застосовувати і для розв'язання задач, пов'язаних з обчисленням та порівнянням аналогових сигналів.

ПЛК монтуються на одній або декількох платах (у вигляді одного або декількох модулів) і доповнюються пристроями програмування та індикації з клавіатурою та цифровим дисплеєм.

Більшу універсальність мають багатоплатні ПЛК, що являють собою набір модулів: процесора, ПЗП, ОЗП, ЦАП, АЦП, вводу та виводу даних, підсилення потужності, джерела живлення та ін. З цих модулів створюється необхідна у конкретному випадку конфігурація ПЛК, для чого необхідний їх набір встановлюється у так звану корзину – конструкцію з основою, на якій розміщено рознімачі для під'єднання модулів до системної магістралі і джерела живлення. Під'єднання до джерел сигналів та до виконуючих пристроїв об'єкта керування здійснюється окремими кабелями.

Таким чином, багатоплатний ПЛК є універсальним конструктором для створення програмованих пристроїв керування.

Такі ПЛК широко застосовувались дотого часу, поки з розвитком мікросхемотехніки стало можливим усі вузли (до 95-98 % слабострумових елементів) контролера розміщувати у одній ВІС – отримали одноплатний ПЛК. Силові елементи і джерело живлення при цьому розміщують на окремих платах.

Одноплатні ПЛК мають значно менші габаритні розміри, ніж багатоплатні, простіші у виготовленні і дешевші. Вони більш надійні, оскільки не мають корзини з великою кількістю дорогих і малонадійних рознімачів. Але вони не є універсальними. Тому фірми-виробники, як правило, випускають набори таких ПЛК з різними можливостями для забезпечення керування типовими для деякої галузі техніки об'єктами.

Виходячи з недоліків чи переваг одно- і багатоплатних ПЛК у конкретних застосуваннях використовують як одні, так і інші.

Побудовані на мікропроцесорах контролери мають спрощену систему команд, випускаються серійно і досить дешеві порівняно із вартістю розроблення та виготовлення пристрою керування з жорсткою логікою. Але як пристрої керування технологічного устаткування програмовані логічні контролери значного поширення не знайшли, оскільки були спочатку громіздкими, все ж таки досить дорогими і для багатьох можливих застосувань (наприклад, для керування електронними ключами джерел живлення технологічного устаткування) повільно діючими. Також важливим чинником у

обмеженні їхнього поширення була обмежена доступність для пересічного споживача як власне контролерів, так і інформації про користування ними.

15.2. Мікроконтролери

Починаючи з середини 80-х років минулого сторіччя на світовому ринку електронної продукції з'являються ІМС мікроконтролерів. Так, перші восьмирозрядні мікроконтролери були створені фірмою Intel (США) у 1982 році. Зараз такі мікроконтролери у світі продукують більш ніж тридцять фірм (деяку незручність створює несумісність мікроконтролерів різних фірм-виробників).

До речі, подібні ІМС з'явилися наприкінці 80-х років минулого сторіччя і в СРСР. Вони називалися однокристальними електронними обчислювальними машинами (серія КР1816). Знову ж таки, вони були дорогими, малодоступними, бракувало інформації про їхнє застосування.

На територію країн СНГ мікроконтролери поставляються в основному фірмами Atmel та Microchip Technology Inc. (США), виготовлені у Південно-Східній Азії. Ці мікроконтролери мають особливу популярність також і у розробників електронної техніки малої та середньої складності всього світу. Їхня номенклатура надзвичайно велика. Так, лише фірма Atmel наприкінці 90-х років минулого сторіччя випустила 140 моделей упродовж одного року (різної інформаційної потужності, у корпусах для різного типу монтажу та ін.).

Наведемо сучасне розуміння термінів у цій галузі.

Мікропроцесор є центральним обчислювальним ядром комп'ютерної системи.

Контролер – закінчений електронний пристрій, як правило, виконаний на друкованій платі і призначений для прийому та обробки сигналів від датчиків, а також для керування зовнішніми пристроями на основі результатів обробки прийнятих сигналів.

Мікроконтролер – програмно керована ІМС, що застосовується для побудови контролерів. Мікроконтролер, окрім ядра, має оперативний та постійний запам'ятовувальні пристрої, таймери, лічильники, канали вводу та виводу інформації, інші пристрої – це самостійна комп'ютерна система, що вміщує процесор, допоміжні схеми та пристрої вводу-виводу даних, розміщені у спільному корпусі.

Мікрокомп'ютер має ще й відео та звуковий процесори.

Нагадаємо, традиційні великі комп'ютери, що будувалися ще з сорокових років минулого століття спочатку на лампах, а потім на ІМС середнього ступеня інтеграції, мали так звану принстонську архітектуру (запропоновану у 1949 році фон Нейманом, що працював у Принстонському університеті), при якій як для програм, так і для даних використовувався єдиний простір пам'яті. Це, внаслідок зменшення апаратних затрат, підвищувало надійність машин, але за рахунок зниження швидкодії.

Мікроконтролери, у яких за рахунок інтегральної технології виконання відпала проблема впливу кількості складових мікроелементів на надійність виробу, мають гарвардську архітектуру (запропоновану тоді ж таки Гарвардським університетом, але відхилену із зрозумілих міркувань), за якої для даних і команд використано окремі області пам'яті та шини. Це забезпечує високу швидкодію за рахунок можливості доступу за один цикл як до пам'яті, так і до даних при одночасному виконанні побіжної команди і вибірки наступної.

Мікроконтролери мають низьке споживання (струм живлення становить кілька міліампер за рахунок побудови на К-МОН-структурах), мінімальні габарити (випускаються залежно від інформаційної потужності у 8-, 18-, 20-, 28-, 40-, 44- та 64-вивідних корпусах, найчастіше застосовують контролери у перших чотирьох типах корпусів), потребують мінімум (буквально декілька) зовнішніх дискретних компонентів.

Пам'ять даних у них становить від 36 до 368 байтів, а пам'ять програм від 0,5 до 128 кілобайтів.

Кількість ліній вводу-виводу, що можуть за вибором передавати інформацію у одному з напрямків, становить від 6 до 53.

Робоча частота 1-24 МГц.

Напруга живлення може знаходитись у межах 1,8-6 В (номінальне значення 5 В).

Вони можуть мати у своєму складі аналогові компаратори (наприклад, два), аналого-цифрові перетворювачі (наприклад, у деяких мікроконтролерів AVR фірми Atmel від 4 до 11), таймери (1-2), широтно-імпульсні модулятори (1-8), різні інтерфейси зв'язку із зовнішніми пристроями.

У мікроконтролерів PIC (Peripheral Interface Controller – периферійний контролер інтерфейсу) фірми Microchip є можливість захисту коду програми від несанкціонованих змін або копіювання (один або два біти захисту).

За технологією виконання пам'яті програм є три типи мікроконтролерів:

1) масово-програмовані – мають найменшу вартість, але застосовуються лише при масовому виробництві, оскільки програмуються на заводі-виробнику ІМС у процесі виготовлення кристалу;

2) з ультрафіолетовим стиранням – дозволяють перепрограмування, але процес цей досить тривалий і після ультрафіолетового опромінення можлива нечітка робота контролера, особливо при зниженій напрузі живлення;

3) із флеш-пам'яттю – дозволяють багаторазове електричне стирання (дозволяють здійснювати розроблення і відпрацьовування програм на готовому пристрої), але у декілька разів дорожчі від контролерів першого типу.

Та все ж вартість масово застосовуваних мікроконтролерів останнього типу сягає лише чотирьох доларів США. Саме такі мікроконтролери є найприйнятнішими для застосування при розробленні пристроїв керування технологічного устаткування, виходячи з таких їхніх особливостей:

1) практично необмежена кількість циклів перепрограмування, що в умовах одиничного та малосерійного виробництва забезпечує виконання налагоджувальних і доводочних робіт, а також оперативну зміну алгоритму керування при експлуатації устаткування;

2) досить високі робочі частоти;

3) наявність простих, дешевих і доступних для самостійної реалізації моделей програматорів;

4) мінімальні габарити, вартість, висока надійність;

5) доступність і вкрай прийнятна вартість;

6) наявність моделей із вбудованими аналоговими компараторами та аналого-цифровими перетворювачами (з розвитком інтегральної технології з'явилася можливість розміщення на одному кристалі як цифрових, так і аналогових елементів);

7) можливість захисту програм від несанкціонованих змін та копіювання;

8) можливість отримання інформації від сучасних інтегральних датчиків та передачі інформації комп'ютеру у відповідних протоколах інтерфейсу;

9) велика кількість доступної довідкової та іншої технічної інформації, програмного забезпечення (для складання програм, їхнього налагодження, занесення у пам'ять мікроконтролера), інформації з типових застосувань та досвіду використання як у друкованому вигляді, так і в INTERNET - джерелах.

На жаль, сучасні мікроконтролери втратили початкову особливість програмованих логічних контролерів – доступність мови програмування для неспеціалістів з інформатики. Хоча процесори мікроконтролерів на відміну від CISC-процесорів (Complex Instruction Set Computer) EOM із складною системою команд відносять до RISC (Reduced Instruct Set Computers)- процесорів, у яких набір виконуваних команд скорочено до мінімуму (залежно від типу мікроконтролера його асемблер має від 33 до 133 команд), їхнє програмування на асемблері особливо складне і доступне власне спеціалістам з мікроконтролерів. Деяко простіше програмування на алгоритмічній мові СІ+ або на спеціальній версії Basic, але також вимагає впевненого знання комп'ютера та веде до збільшення об'єму програм до тридцяти відсотків.

Це висуває вимоги високої кваліфікації персоналу (вміння користування комп'ютером, програмування), використання при обслуговуванні й ремонті пристроїв керування на основі мікроконтролерів досить дорогого комп'ютерного устаткування.

Але сучасний рівень виробництва все більше висуває саме такі вимоги як до персоналу, так і до власне устаткування.

Окрім того, зрештою, кінцеве зниження строків виробництва устаткування, зниження його вартості, збільшення надійності роботи, зручності експлуатації варті цього.

15.3. Структура мікроконтролера

Отже, перші мікроконтролери з'явилися у 1976 році, коли в одній ВІС стало можливим сумістити процесор, ОЗП, ПЗП і елементи інтерфейсу. На відміну від універсальних мікроЕОМ в мікроконтролерах невелика за розміром пам'ять (декілька сотень байт ОЗП та декілька десятків кілобайт ПЗП) і простий інтерфейс для зв'язку із зовнішніми пристроями. Це впливає із специфіки використання мікроконтролерів. Їх не застосовують в універсальних обчислювальних системах. Мікроконтролери призначені для створення високоефективних і дешевих систем керування і регулювання. Вони реалізують відносно нескладні алгоритми, тому потребують об'ємів пам'яті, на декілька порядків менших, ніж ЕОМ універсального призначення. Їх застосовують у системах керування маніпуляторами, вимірювальних приладів, технологічного устаткування, верстатів, автомобілів, побутової техніки та ін. Типову структуру мікроконтролера наведено на рис 15.1.

Ємності ОЗП у декілька сотень байт цілком досить для тимчасового зберігання даних та проміжних результатів при виконанні програм керування. Програми зберігаються у флеш-пам'яті ємністю у десятки кілобайт, чого, як правило, також повністю вистачає. За необхідності передбачено можливість нарощування об'ємів пам'яті за рахунок підключення зовнішніх ВІС оперативної та постійної пам'яті.

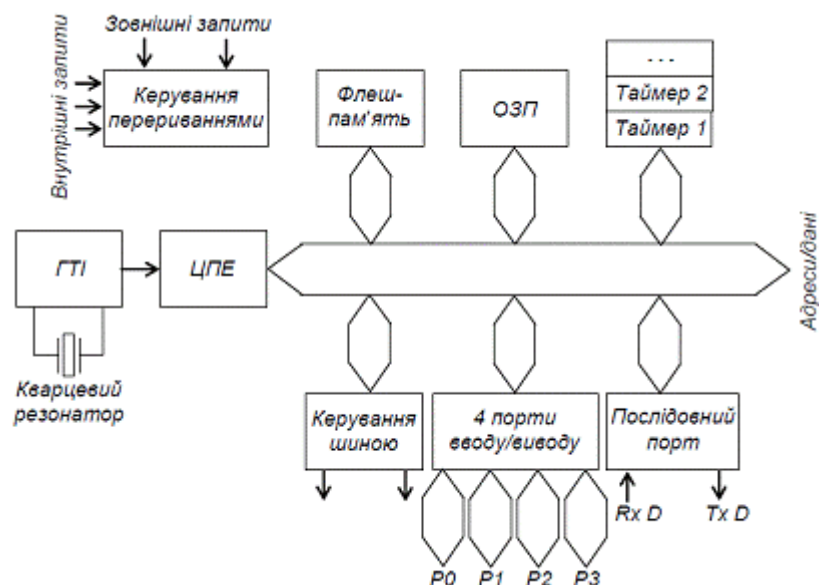


Рисунок 15.1 – Типова структура мікроконтролера

Зрозуміло, що роботою всіх вузлів керує центральний процесорний елемент ЦПЕ. Синхронізують його роботу імпульси ГТІ із частотою 12-24 МГц, що задається зовнішнім кварцевим резонатором. Це забезпечує високу стабільність частоти, що необхідно при відпрацюванні проміжків часу.

Адреси і дані передаються по шині адрес/даних з розрядністю слів, які обробляються мікроконтролером.

Введення і виведення інформації здійснюється через чотири паралельних і один послідовний порти вводу/виводу. Через порти P0-P3 обмін із зовнішніми пристроями відбувається 8-розрядними шинами. Зараз також випускають 16- і 32- розрядні мікроконтролери. Кожен із портів забезпечує взаємодію з одним пристроєм. Функції ліній шин у різних режимах можуть мати різне значення (введення або виведення).

Через вхід *Rx D* послідовного порту відбувається прийняття даних у послідовному коді, через вхід *Tx D* – передача.

Мікроконтролер може обслуговувати декілька як внутрішніх, так і зовнішніх запитів на переривання програми для переходу до виконання більш пріоритетних підпрограм.

Таймери-лічильники призначені для відпрацювання інтервалів часу або підрахунку кількості імпульсів.

Систему команд мікроконтролера орієнтовано на виконання задач керування, тому поряд зі звичайними командами, характерними для всіх мікропроцесорів, є й специфічні. Оскільки всі вузли мікропроцесорної системи тут знаходяться всередині однієї ВІС, то непотрібні звернення до зовнішніх пристроїв. Тому більшість команд короткі за часом виконання, наприклад, близько 1 мкс при тактовій частоті 12 МГц.

15.4. Порівняння основних етапів створення пристроїв керування на основі цифрових автоматів з жорсткою логікою і програмованих

У табл. 15.1 наведено зіставлення основних етапів створення пристроїв керування з жорсткою логікою і програмованих. З таблиці видно, що при застосуванні типових, таких, що можна придбати готовими, програмованих пристроїв керування, у циклі створення готового пристрою відсутні процедури, пов'язані з розробленням конструкторської і технологічної документації та власне виробництвом. Усі процедури фактично пов'язано виключно з розробленням та налагодженням програми.

На закінчення зазначимо, що специфіка роботи з МПП відносить їх швидше до галузі інформатики, оскільки у більш-менш серйозних застосуваннях вартість розроблення програмного забезпечення становить до 80% вартості всього пристрою керування. Виходячи з цього ми обмежилися лише наданням загальних понять, особливо у тому, що стосується питань програмування МПП.

Таблиця 15.1 – Зіставлення основних етапів створення пристроїв керування

Пристрій керування з жорсткою логікою	Програмований пристрій керування
1. Розроблення алгоритму керування	
2. Розроблення електричної принципової схеми пристрою керування на основі обраного типу ІМС	2. Розроблення програми роботи пристрою керування на основі обраного типу МПП (наприклад, ПЛК)
3. Створення макету пристрою керування	3. Занесення програми в ОЗУ МПП
4. Налагодження макету пристрою керування і відповідне коригування його електричної принципової схеми	4. Налагодження і відповідне коригування програми
5. Розроблення конструкторської і технологічної документації для виробництва пристрою керування	5. Придбання типового МПП (наприклад, ПЛК)
6. Виробництво пристрою керування	6. Занесення програми в пам'ять мікроконтролера або в ІМС постійної пам'яті і встановлення їх в ПЗУ МПП
7. Доставка пристрою керування замовнику	