

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання**

## **ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни  
«Мікроконтролерні пристрої електромеханічних систем»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого(бакалаврського) рівня вищої освіти

***141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(Електромеханіка)***

**за темою № 3 – Інтерфейс мікропроцесорних систем**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2023 № 7

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 28.08.2023 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією Науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 28.08.2023р № 1.

**Розробник:** викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Волканін Є.Є.

**Рецензенти:**

1. Доцент кафедри електричних станцій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», к.т.н. Шокарьов Д.А.
2. Викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання КЛК ХНУВС, к.т.н., професор Гаврилюк Ю.М.

### **План лекції:**

1. Визначення і функції інтерфейсу.
2. Пристрої вводу-виводу інформації.
3. Інтерфейс каналу мікроЕОМ.
4. Спеціалізовані периферійні пристрої.

### **Рекомендована література:**

#### **Основна:**

1. Грищук Ю.С. Мікропроцесорні пристрої: Навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХП», 2007. – 280с.
2. Основи електротехніки, електроніки та мікропроцесорної техніки: навч. посіб. / В. Ф. Болюх, В. Г. Данько, Є. В. Гончаров; за ред. В. Г. Данька; НТУ «ХП». – Харків: Планета-Прінт, 2019. – 248 с.

#### **Допоміжна:**

1. Мікроконтролерні пристрої : навч. посіб. для студ. спец. «Мікро- та наноелектроніка» / О. С. Тонкошкур, І. В. Гомілко, О. В. Коваленко; Дніпропетровський нац. ун-т ім. О. Гончара. – Д.: Вид-во ДНУ, 2011. – 264 с.
2. Мікропроцесорні пристрої: Методичні вказівки до виконання курсової роботи./ Ю.М.Трофімов К.: [ДЕТУТ],2007.-191с.
3. Електронні системи: навчальний посібник / Й. Й. Білінський, К. В. Огороднік, М. Й. Юкиш. — Вінниця: ВНТУ, 2011. — 208 с.

#### **Інформаційні ресурси в Інтернеті:**

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Мікроконтролер>
2. [http://elprivod.nmu.org.ua/ua/interesting/what\\_is\\_mp\\_mc\\_plc.php](http://elprivod.nmu.org.ua/ua/interesting/what_is_mp_mc_plc.php)
3. <http://vozom.ho.ua/MP/page61.html>
4. <https://life-prog.ru/ukr/arhitektura.php>

### **Текст лекції**

#### **1. Визначення і функції інтерфейсу**

Основною функцією інтерфейсу є організація взаємодії із зовнішніми пристроями (джерелами і приймачами даних). МП вступає у взаємодію із зовнішнім середовищем за допомогою периферійних пристроїв (пристроїв вводу-виводу). До найбільш часто використовуваних пристроїв вводу відносяться: клавіатура, перемикачі, двійкові датчики, аналого-цифрові перетворювачі, а до пристроїв виводу – дисплеї, індикатори, світлодіоди, цифроаналогові перетворювачі, друкарські пристрої, реле. Прикладом пристроїв вводу-виводу є накопичувачі на магнітній стрічці, а також гнучких і твердих магнітних дисках і ін. Пристрої вводу-виводу відрізняються швидкістю, розрядністю, протоколами обміну, сигналами, що управляють, особливостями програмування. Звичайно інтерфейс складається з одного або декількох портів вводу-виводу і їх схем управління.

Для включення мікропроцесора в будь-яку мікропроцесорну систему необхідно встановити єдині принципи і засоби його сполучення з рештою пристроїв системи. Для цих цілей служить уніфікований інтерфейс, що є

сукупність правил, які встановлюють єдині принципи взаємодії пристроїв мікропроцесорної системи. До складу інтерфейсу входять: апаратні засоби з'єднання (роз'єм і зв'язки), номенклатура і характер зв'язків, програмні засоби, що описують характер сигналів інтерфейсу і їх тимчасову діаграму, а також опис електрофізичних параметрів сигналів.

Для інтерфейсу вводу-виводу характерні чотири функції [4]: букування інформації; дешифрування адреси або вибір пристрою; дешифрування команди; синхронізація і управління. Букування необхідне для синхронізації обмінів даними між процесором і периферійними пристроями. Дешифрування адреси потрібне для вибору конкретного пристрою вводу-виводу в системах, що використовують декілька периферійних пристроїв. Дешифрування команди проводиться для пристроїв, які окрім передачі даних виконують і інші дії, наприклад зворотнє перемотування стрічки. При реалізації будь-якої з перерахованих вище функцій, проводиться синхронізація і управління процесами.

Складність виконання розгалужених зв'язків між різними вузлами при проектуванні ВІС і пристроїв на їх основі привела до того, що практично реалізовані і набули широкого поширення магістральні структури зв'язків, до яких підключені входи і виходи електронних вузлів (блоків).

Єдина інформаційна магістраль мікропроцесорної системи зв'язує між собою всі пристрої і функціонально складається з інформаційних шин адрес, даних і сигналів управління. Часто обмін адресами і даними здійснюється по одній групі шин в режимі розділення часу.

Шина адрес. У простій мікропроцесорній системі тільки мікропроцесор може виробляти адреси передаваної в системі інформації. Тому шина адрес однонаправлена. Мікропроцесор генерує сигнали коду адреси, а решта пристроїв, підключених до шини адрес, може тільки сприймати їх, виконуючи безперервно мікрооперацію пізнання коду адреси. Кількість ліній шини адрес співпадає з розрядністю передаваного коду адреси. Якщо використовується 16-розрядний код, то в системі дозволяється вироблення  $2^{16} = 65536$  адрес. Вони можуть всі відноситися до адрес елементів пам'яті або до адрес елементів пам'яті і адрес регістрів даних пристроїв вводу-виводу.

Шина даних. Мікропроцесор, а також ОЗП, ЗЗП, дисплеї можуть сприймати або передавати дані. Інші пристрої можуть або тільки приймати дані (наприклад, пристрій друку), або тільки видавати їх (наприклад, ПЗП).

Шина даних є двонаправленою, оскільки необхідно забезпечити всі можливі зв'язки системи. Її розрядність визначається розрядністю мікропроцесора і дорівнює 2, 4, 8, 16, 32 біт. Якщо в мікропроцесорі обробляються дані за програмами подвійної розрядності, то подвійне слово пересилається за два цикли, тобто в цьому випадку має місце тимчасове мультиплексування. Воно застосовується також, коли використовується загальна (мультиплексована) шина адрес і даних.

Шина сигналів управління. Мікропроцесор, а також деякі з пристроїв вводу-виводу, генерують сигнали, що управляють, призначені для синхронізації і визначення типу операцій, що виконуються пристроями. Ці сигнали передаються по сукупності ліній, в цілому створюючих шину сигналів управління. Всі сигнали управління в електронній системі узгоджені з системними сигналами синхронізації. Вони задають початок і послідовність спрацьовування різних пристроїв системи, блоків і вузлів усередині всіх кристалів ВІС. Для задання головної послідовності синхронізуючих імпульсів звичайно використовують зовнішній кварц або генератор на його основі.

Видавані мікропроцесором сигнали синхронізації бувають однофазними, рідше двофазними.

Кожен мікропроцесор має свою унікальну систему сигналів управління.

Але практично всі мікропроцесори мають загальні сигнали, серед них, наприклад, вхідний сигнал СКИДАННЯ, який виробляється на пульті управління системи. Він приводить до скидання всіх внутрішніх регістрів мікропроцесора і завантаження лічильника команд – вузла, що визначає послідовність виконання команд програми, – початковим значенням адреси, де записана перша команда програми.

Найважливіша функція мікропроцесора, що управляє, – визначення напрямку потоків даних в системі. Мікропроцесор викликає слова команд з пам'яті в процесі їх читання, звертається в пам'ять за операндами або до зовнішніх пристроїв за новими даними, може записати результат операції в пам'ять або, сформувавши масив даних, визначити необхідність їх виводу на зовнішні пристрої. Коли мікропроцесор посилає дані якомусь пристрою, відбувається операція запису даних, а коли одержує дані від якогось пристрою, то прочитує дані з його інформаційного регістра і виконує операцію їх читання.

Щоб задати напрям передачі по шині даних, мікропроцесор генерує сигнали ЧИТАННЯ/ЗАПИС, передавані по одній з ліній шини управління.

Специфіка деяких пристроїв вводу-виводу даних така, що інформація може бути втрачена, якщо МП своєчасно не здійснить зв'язок з пристроєм. Тому ці пристрої генерують сигнали ЗАПИТ ПЕРЕРИВАННЯ ПРОЦЕСОРА, що звертають увагу мікропроцесора на стан своєї готовності (або несправності).

Мікропроцесор має вхід для прийому, принаймні, одного сигналу ЗАПИТ ПЕРЕРИВАННЯ ПРОЦЕСОРА. Якщо ж запит приймається, то МП інформує систему, виробляючи у відповідь сигнал, ЗАПИТ ПЕРЕРИВАННЯ ЗАДОВОЛЕНИЙ.

Різна швидкість роботи пристроїв вводу-виводу і мікропроцесора породжує необхідність припинення роботи процесора на час підготовки даних в зовнішньому пристрої. Для цього застосовується режим роботи «Очікування» мікропроцесора, який визначається зовнішнім сигналом, ДАНІ

ПІДГОТОВЛЕНІ (ДАНІ НЕ ПІДГОТОВЛЕНІ). Всього по шині управління передається до десяти різноманітних сигналів управління і більше.

Якщо необхідно перейти від одного виду інтерфейсу до іншого, то застосовують спеціальні апаратурні засоби у вигляді перетворювача інтерфейсів або інтерфейсного контролера.

При побудові мікропроцесорних систем найчастіше здійснюються перетворення, пов'язані з різними форматами електричних сигналів.

Всі МП обробляють цифрові дані, представлені в паралельній формі. В цьому випадку розряди слів даних передаються одночасно по інформаційній шині і обробляються паралельно у всіх розрядах арифметико-логічного блоку мікропроцесора, тому усередині електронної системи, всі передачі даних також проводяться в паралельному форматі. Але в периферійній частині електронних систем можуть бути різноманітні формати інформаційних сигналів, серед яких найбільш важливими є аналогові і цифрові послідовні.

Аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі у вигляді ВІС вирішують задачі перетворення аналогових сигналів в паралельні коди і навпаки. Розвиток засобів цих перетворювачів, що управляють, дозволяє не тільки спростити їх інтерфейс з МП, але практично забезпечити пряме з'єднання без додаткових апаратурних засобів. Дані в цифровому послідовному форматі передаються по одній інформаційній лінії. Це знижує кількість зв'язків в периферійній частині систем у випадках, коли не потрібне сполучення з швидкодіючими периферійними пристроями. Ці дані можуть прямо вводитися (або виводитися) до МП, для чого необхідно розробити програмні модулі прийому і перетворення форматів даних з відповідною синхронізацією МП і зовнішніх пристроїв. Тимчасові витрати і низьку ефективність такого рішення можна подолати переходом до апаратурної реалізації системи вводу-виводу даних на основі використання спеціальних ВІС контролерів – перетворювачів форматів даних, які одержали назву універсальних асинхронних приймачів-передавачів.

Асинхронна передача даних означає, що приймач (наприклад, МП) і передавач (наприклад, телетайп) здійснюють зв'язок в умовах, коли кожен має свою власну систему синхронізації, тому передавач посиляє свої дані у будь-який момент незалежно від тимчасового стану приймача.

У приймачі повинні бути передбачені засоби аналізу і входження в «тимчасове зачеплення», тобто засоби синхронізації своєї роботи з роботою передавача.

## **2. Пристрої вводу-виводу інформації**

При проектуванні мікропроцесорної системи дуже важливий правильний вибір методів управління вводом-виводом даних. Мікропроцесор має широкі можливості по організації вводу-виводу. Проте на ефективність вводу-виводу істотно впливають особливості технічних засобів вводу (виводу) даних, що є джерелами (приймачами). Мікропроцесор може взаємодіяти з різними типами джерел (приймачів) даних. У деяких зміна

даних відбувається у будь-який момент часу і займає достатньо великий інтервал (в порівнянні з швидкістю мікропроцесора). Встановлені дані прочитують (записують) через достатньо широкий інтервал часу після установки. До подібних засобів вводу-виводу даних відносяться засоби, призначені для взаємодії оператора і системи (наприклад, дисплей, клавіатура).

Є пристрої, що працюють значно повільніше, ніж мікропроцесор, але в періодичному режимі (наприклад, накопичувачі даних на магнітних дисках). У них дані можуть бути записані (прочитані) тільки в певні проміжки часу. Якщо саме в цей проміжок часу мікропроцесор не здійснить сеанс взаємодії, то дані будуть втрачені. В той же час, якщо мікропроцесор тільки стежитиме за станом таких пристроїв, то він не зможе виконувати інші функції в системі. Тому в системі повинно бути вирішено завдання розділення пасивних і активних інтервалів взаємодії. Наприклад, в зовнішні пристрої можна ввести додаткові технічні засоби індикації активного стану, а в МП – засоби відповідної реакції на сигнал виникнення активного стану в системі.

У системі можуть бути дані, що знімаються з датчиків стану керованих об'єктів (процесів), швидкість зміни і граничні значення яких повинні бути предметом особливого контролю з боку мікропроцесора.

У реальній системі можуть бути об'єднані численні сигнали різноманітних даних, що вводяться і виводяться. Один з раціональних методів здійснення вводу-виводу в такій системі полягає в організації асинхронного режиму роботи мікропроцесора і джерел (приймачів) інформації. У цьому випадку до обміну даними завжди відбувається обмін асинхронними керуючими сигналами. Обмін по перериваннях роботи мікропроцесора може початися тільки тоді, коли зовнішній пристрій виробить сигнал готовності (ЗАПИТ НА ПЕРЕРИВАННЯ), а МП, завершивши обов'язкові дії над виконуваною командою програми, виробить у відповідь сигнал ЗАПИТ ЗАДОВОЛЕНИЙ. Потім мікропроцесор переходить до підпрограми обслуговування запиту переривання, яка містить послідовність команд обміну даними. Після закінчення підпрограми переривання мікропроцесор повертається до роботи за раніше перерваною програмою. У всіх мікроЕОМ застосовується програмно-керована передача даних. При даному методі передачі, спеціальна програма управляє обміном даними. Відомі три типи програмно-керованої передачі даних: синхронна, асинхронна і з перериванням програми.

Синхронна передача даних характерна для периферійних пристроїв, для яких відомі часові співвідношення. При цьому типі передачі пристрій вводу-виводу повинен бути готовий до прийому або передачі даних за час, рівний часу виконання певної команди процесора. Синхронна передача реалізується при мінімальних витратах технічних і програмних засобів.

Асинхронна передача даних, іноді звана обміном за допомогою «рукостискання», широко використовується в мікроЕОМ. При такій передачі даних ЕОМ перед виконанням операції вводу-виводу перевіряє стан

периферійного пристрою. Звичайно при обміні необхідно: 1) перевірити стан пристрою; 2) активізувати пристрій, якщо останній готовий до обміну; 3) передати дані (ввести або вивести); 4) дезактивувати пристрій. На першому кроці виконується команда вводу інформації про стан вибраного пристрою. Далі виконується умовний перехід по вмісту розряду стану пристрою. Якщо пристрій зайнятий, в програмі реалізується перехід для повторної перевірки його стану. У разі готовності пристрою видається команда на ввід або вивід даних. При завершенні передачі пристрій дезактивується. Асинхронна передача є ідеальною в сенсі узгодження тимчасових відмінностей між периферійними пристроями і процесором. Недолік її в тому, що процесор вимушений чекати, поки периферійний пристрій не буде готовий до обміну. Це приводить не тільки до непродуктивних витрат часу мікроЕОМ (за наявності тривалих затримок), але у багатьох випадках є просто неприпустимим. Наприклад, у процесах управління, в цьому випадку, виникає необхідність збереження рівня сигналів управління на час очікування передачі. Методом, що дозволяє усунути подібні труднощі, є передача даних з перериванням програми.

Передача даних з перериванням програми – це такий тип обміну даними, при якому для виконання операції вводу-виводу проводиться переривання програми мікроЕОМ. Такий тип обміну особливо зручний при роботі з периферійними пристроями з низькою швидкодією, а також у випадках, коли момент передачі даних у мікроЕОМ непередбачуваний, наприклад, при роботі з каналами зв'язку. Основна характерна риса даної передачі така – обмін даними між мікроЕОМ і периферійними пристроями ініціюється самими зовнішніми пристроями. Для реалізації даного типу обміну необхідно цикл очікування при асинхронній передачі даних замінити еквівалентним циклом перевірки наявності зовнішнього переривання, що виконується за допомогою апаратних засобів. За час виконання кожної машинної операції мікропроцесор автоматично перевіряє наявність сигналу переривання.

При передачі даних з перериванням програми реалізується така послідовність дій:

1. Периферійний пристрій запрошує переривання програми, що виконується процесором.
2. Після виконання поточної команди процесором, останній видає сигнал підтвердження готовності до переривання.
3. Процесор запам'ятовує вміст лічильника команд і здійснює перехід за адресою підпрограми обробки переривання.
4. Запам'ятовується вміст внутрішніх регістрів (робочих регістрів і регістра стану) і виконується передача даних під управлінням спеціальної програми.
5. Здійснюється повернення до продовження виконання основної програми.

У мікропроцесорах звичайно, використовується два способи реалізації описаної послідовності дій: переривання з опитуванням і переривання по



вектору. У разі переривання з опитуванням за допомогою технічних або програмних засобів опитуються периферійні пристрої до тих пір, поки не виявиться той, що запрошує переривання. Далі МП переходить на відповідну підпрограму обслуговування переривання, яка і виконує обмін даними.

Пріоритет пристрою визначається його місцем у послідовності опиту. У разі переривання по вектору управління по запиту пристрою безпосередньо передається на відповідну підпрограму обслуговування. У системах з перериванням по вектору всі пристрої володіють однаковим пріоритетом. У даному випадку опитування не вимагається, тому час реалізації переривання менший, ніж при виконанні переривання з опитом.

Багаторівневі, або каскадовані, переривання можуть застосовуватися в багатьох типах мікропроцесорів при використанні прапорців дозволу для маскування і демаскування окремих рівнів. Така можливість особливо корисна в системах, де використовуються периферійні пристрої, як з низькою, так і з високою швидкістю. Розглянуті методи обміну даними призначені для передачі інформації між зовнішніми пристроями і мікропроцесором. Для обміну даними між зовнішнім пристроєм і пам'яттю немає необхідності пересилати дані через мікропроцесор. Звичайно такий обмін полягає в пересилці масивів інформації. Якщо проводити читання даних в пам'яті (зовнішніх пристроях), заносити дані в акумулятор мікропроцесора, а потім записувати в регістри зовнішніх пристроїв (або пам'ять), то витрати часу мікропроцесора будуть дуже великими. Можна ввести в систему контролер прямого доступу в пам'ять, який бере на себе управління передачею, звільнивши від цих функцій системний мікропроцесор. Прямий доступ в пам'ять при виконанні операцій вводу-виводу значно збільшує швидкість передачі даних і підвищує ефективність використання засобів мікропроцесора. Побудова каналу прямого доступу в пам'ять є альтернативою програмному обміну, тому справедливі загальні закономірності балансування програмно-апаратних засобів. Якщо певні функції виконуються апаратно, то це спрощує програмне забезпечення, значно скорочує витрати часу на виконання функцій в порівнянні з їх програмною реалізацією, але вимагає використання додаткових апаратних витрат. Останнє збільшує вартість, габаритні розміри і потужність споживання системи, знижує її надійність.

У мікропроцесорних системах завдання розділення єдиного інформаційного каналу між мікропроцесором і каналом прямого доступу в пам'ять розв'язується шляхом використання властивостей трирівневого стану інформаційних магістралей.

Мікропроцесор під час передачі інформації по каналу прямого доступу переводить вихідні схеми управління магістралями даних, адрес і керуючих сигналів, у високоімпедансний стан, тим самим ізолюється від решти частини системи, що аналогічно обриву його інформаційного каналу. Ступінь впливу операцій вводу-виводу в каналі прямого доступу на основний обчислювальний процес в системі визначається складністю апаратних

засобів контролера цього каналу. У простому випадку контролер бере на себе управління передачею даних по інформаційній магістралі в умовах, коли мікропроцесор одночасно з видачею сигналу задоволення запиту каналу, переводиться в режим очікування завершення операцій в каналі. За рахунок перекладу вихідних каскадів управління шинами інформаційної магістралі у високоімпедансний стан мікропроцесор ефективно електрично і інформаційно відключається від системи. Стан внутрішніх регістрів «заморожується», тобто мікропроцесор в режимі очікування зберігає той інформаційний стан, який виник в ньому до моменту задоволення запиту каналу прямого доступу.

Побудова контролером каналу прямого доступу, що функціонує паралельно з мікропроцесором, дозволяє не відключати останній на час операцій вводу-виводу. Проте, операції вводу-виводу, з використанням передачі по інформаційній магістралі, треба синхронізувати з іншими операціями в системі і виконувати їх при вільній магістралі. Мікропроцесор після звернення до пам'яті за черговою командою розшифровує її і аналізує, в цей проміжок часу адреси звернення до пам'яті ще не відомі. Тому канал прямого доступу може «зайняти» цикл звернення до пам'яті і здійснити операцію вводу або виводу слова даних. Цей метод заняття циклу звернення до пам'яті, контролер прямого доступу здійснює так, що мікропроцесор навіть «не знає», що одночасно з його функціонуванням відбуваються інші операції в системі, оскільки вони ніякого гальмування роботи мікропроцесора не викликають. До істотних недоліків каналу прямого доступу із заняттям циклу відноситься обмеження його продуктивності швидкодією мікропроцесора. Це обумовлено тим, що обмін даними між пам'яттю і зовнішніми пристроями здійснюється з швидкістю, визначуваною частотою вибірки команд.

### **3. Інтерфейс каналу мікроЕОМ**

Як приклад розглянемо інтерфейс серійних мікроЕОМ.

Інтерфейс такого типу застосовується у ряді вітчизняних і зарубіжних мікроЕОМ і мікропроцесорних комплектів, наприклад, в МПК серії К588.

Канал обміну інформацією мікроЕОМ є простою, швидкодіючою системою зв'язку, що сполучає центральний процесор, пам'ять і всі зовнішні пристрої. Всі модулі, підключені до каналу мікроЕОМ, використовують одні і ті ж канали зв'язку. Канал містить 38 ліній зв'язку, з яких 31 лінія є двонаправленою.

Зв'язок між двома пристроями, підключеними до каналу, здійснюється за принципом «керівник – керований» (активний – пасивний). У будь-який момент часу тільки один пристрій є активним.

Активний пристрій управляє циклами звернення до каналу, задовольняє при необхідності вимоги переривання від зовнішніх пристроїв, контролює надання прямого доступу до пам'яті. Пасивний пристрій (керований) є тільки виконавчим пристроєм і може приймати або передавати інформацію тільки

під управлінням активного пристрою. Типовий приклад таких відносин – центральний процесор (активний пристрій), що вибирає команду з пам'яті (пасивний пристрій). Іншим прикладом може служити пристрій, що працює в режимі прямого доступу до пам'яті (пристрій ПДП) (активний пристрій) і пам'ять (пасивний пристрій).

Зв'язок через канал замкнутий, тобто на керуючий сигнал, передаваний активним пристроєм, повинен поступити у відповідь сигнал від пасивного пристрою. Тому процес обміну між пристроями залежить від довжини каналу і часу відгуку пасивного пристрою (в межах 10 мкс).

Асинхронне виконання операції передачі даних усуває необхідність в тактових імпульсах, внаслідок чого обмін з кожним пристроєм може відбуватися з максимально можливою швидкістю. Обмін між двома пристроями може виконуватися як 16-розрядними словами, так і байтами (вісім розрядів).

Канал мікроЕОМ забезпечує програмний обмін, включаючи режим переривання програми і обмін в режимі прямого доступу до пам'яті.

Як адреса, так і дані (слова або байти) передаються по одних і тих же 16 лініях адреси/даних.

Будь-який цикл звернення до каналу починається з адресації пасивного пристрою. Після завершення адресної частини циклу активний пристрій асинхронно приймає або передає дані і вимагає відповіді від адресованого пристрою.

Для виконання будь-якої команди процесору необхідно звернутися хоч би один раз до каналу. Для деяких команд потрібно виконати декілька операцій.

Першою такою операцією для всіх команд є ввід даних з елементу пам'яті, адреса якої визначається лічильником команд (ЛК). Всі операції звернення до каналу для вводу і виводу даних називаються циклами звернення до каналу.

Обмін інформацією в каналі здійснюється за допомогою трьох циклів: ЧИТАННЯ, ЗАПИС, ЧИТАННЯ–ПАУЗА–ЗАПИС.

Цикл ЧИТАННЯ. Напрям передачі при виконанні операцій обміну даними визначається по відношенню до активного пристрою. При виконанні циклу ЧИТАННЯ дані передаються від пасивного пристрою до активного.

Цикл ЗАПИС. При виконанні циклу ЗАПИС дані передаються від активного пристрою до пасивного, наприклад, при записі даних в пам'ять.

Цикл ЧИТАННЯ–ПАУЗА–ЗАПИС. При виконанні циклу ЧИТАННЯ–ПАУЗА–ЗАПИС активний пристрій прочитує, а потім передає модифіковані дані за тією ж адресою.

У режимі прямого доступу до пам'яті обмін даними відбувається між периферійним пристроєм і пам'яттю без втручання процесора. Пристрій, здатний працювати в режимі ПДП, повинен виконувати всі функції

активного пристрою: адресацію, синхронізацію, вироблення керуючих сигналів, і при необхідності — управління регенерацією ОЗП.

Обмін даними в режимі ПДП проводиться стандартними циклами звернення до каналу, розглянутими раніше. З докладним описом ліній і сигналів каналу мікроЕОМ МПК серії K588.

#### **4. Спеціалізовані периферійні пристрої**

Спеціалізовані пристрої призначені для перетворення, первинної обробки і реєстрації інформації. Такі пристрої або обробляють проміжну інформацію, або є безпосередніми джерелами різного роду інформації, що обробляється в мікропроцесорних системах. До спеціалізованих пристроїв відносяться: таймери, лічильники подій, датчики, аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі, модеми, калькулятори.

Таймери і лічильники подій використовують в мікропроцесорних системах для підрахунку різних подій або для відліку часу. При виконанні певних умов вони переривають роботу мікропроцесора і ініціюють певні дії системи. У мікропроцесорних керуючих і контролюючих системах широко використовують датчики параметрів, що безперервно змінюються, та дискретних параметрів, аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі, реєструючі пристрої.

Велике значення мають пристрої зв'язку окремих підсистем в розподілених обчислювальних керуючих системах.

Для підключення окремих мікроЕОМ і зовнішніх пристроїв до ліній зв'язку використовують модеми (модулятори-демодулятори). Вони перетворюють двійкову інформацію у форму, зручну для передачі по дальніх лініях зв'язку, забезпечують необхідні характеристики передаваних сигналів і виконують зворотнє перетворення інформації, що приймається. Їх роль росте із збільшенням ступеня децентралізації процесу обробки інформації.

Для забезпечення зв'язку мікропроцесора з різними зовнішніми пристроями використовуються два види інтерфейсу: паралельний і послідовний. При використанні паралельного інтерфейсу, 8-розрядний мікропроцесор за кожну операцію обміну забезпечує передачу 8 біт інформації, 16-розрядний – 16 біт і т.д.

Багато пристроїв пов'язані з мікропроцесором за допомогою ліній послідовної передачі даних. Широке застосування способу послідовної передачі даних пояснюється обмеженнями, властивими способу паралельної передачі даних. Робоча відстань для лінії паралельного вводу-виводу обмежується 1–2 м.

При збільшенні довжини кабелю зростає його місткість, тому передача даних на високій швидкості стає неможливою. Довжину ліній паралельної передачі даних можна збільшити до 10...20 м шляхом використання спеціальних формувачів і зменшення швидкості передачі. Проте подальше збільшення довжини ліній при паралельній передачі даних практично неможливе.

При послідовній передачі даних жорстких обмежень на довжину лінії не накладається. Але перш, ніж почати послідовну передачу даних, необхідно перетворити дані з паралельної форми в послідовну. Простий спосіб такого перетворення – перетворення за допомогою сдвигового регістра. Дані завантажуються в сдвиговий регістр, потім його вміст зсувається на один розряд під час вступу кожного тактового імпульсу. Дані на виході сдвигового регістра матимуть послідовну форму.

Щоб прийняти дані в послідовній формі і перетворити їх в паралельну форму, необхідно виконати дії, зворотні по відношенню до описаних вище.

Дані, що поступають в послідовній формі, вводяться біт за бітом в сдвиговий регістр. Після заповнення сдвигового регістра, дані з нього в паралельній формі передаються в мікропроцесорну систему.

Пристрій, що забезпечує перетворення даних з паралельної форми в послідовну і зворотнє перетворення, називають універсальним синхронно-асинхронним програмованим приймачем-передавачем (УСАПП). Такий пристрій часто реалізується у вигляді ВІС (наприклад, КР580ВВ51). Окрім перетворення форми представлення даних, приймач-передавач виконує функції контролю і управління. Для виявлення помилок при передачі даних УСАПП може використовувати контроль на парність або непарність. Після прийому даних приймач-передавач перевіряє в ньому контрольний біт. Якщо виявляється порушення парності (непарності), то приймач-передавач записує в свій регістр стану ознаку помилки. Потім УСАПП може видати запит на повторну передачу даних.

Деякі УСАПП виробляють сигнали, використовувані для встановлення зв'язку між двома модемами. Модем (модулятор –демодулятор) перетворить логічний сигнал певного рівня в сигнал, що модулюється зрушенням частоти.

Модем може, наприклад, перетворювати двійковий передаваний сигнал в тоновий сигнал частотою 1270 Гц для логічної 1 і в тоновий сигнал частотою 1070 Гц для логічного 0. Сигнали таких частот можуть передаватися по телефонних лініях і по деяких довгих лініях послідовної передачі даних.

Модульований сигнал можна пропускати через пристрої зв'язку змінного струму, наприклад трансформатори, які часто застосовують в довгих телефонних ланцюгах. Модеми використовують для модуляції і демодуляції сигналів, призначених для передачі по радіоканалу. Передача даних по радіоканалу за допомогою модемів часто застосовується в системах збору даних, для управління якими служить мікроЕОМ.

У мікропроцесорних системах управління широко застосовують програмовані таймери – пристрої, що формують задані, тимчасові інтевали. З їх допомогою здійснюється, наприклад, така операція, як реалізація обчисленого кута управління тиристорами при управлінні різним технологічним устаткуванням. За допомогою програмованого таймера виділяють часовий інтервал відповідно до заданого значення, яке у вигляді коду записується в пам'ять таймера.

Таймер можна реалізувати за допомогою центрального процесора системи (програмно), а також додатковими технічними засобами (апаратно).

Другий спосіб застосовується частіше, оскільки дозволяє значно зменшити непродуктивні витрати машинного часу.

Розрізняють два типи таймерів: з попереднім і без попереднього накопичення сигналу.

У таймері з попереднім накопиченням сигналу інформація, відповідна тривалості відмірюваного часового інтервалу, записується тільки на початку відліку цього інтервалу; по кожному рахунковому імпульсу вміст таймера зменшується на одиницю. Коли вміст таймера стає рівним нулю, на його виході з'являється сигнал, використовуваний для управління периферійними пристроями або для переривання програми мікроЕОМ.

У таймері без попереднього накопичення сигналу інформація може бути записана в довільний момент часу усередині часового інтервалу, при цьому можлива сигналізація про те, що інтервал більший, менший або рівний заданому.

Промисловість випускає однокристальні ВІС таймерів, наприклад К588ВІ1. Ця ВІС має два незалежні канали, організовані на базі двох 16-розрядних лічильників, що підсумовують, з послідовним перенесенням. До складу таймера входить незалежний 7-розрядний дільник частоти, виконаний на основі 7-розрядного двійкового лічильника, що підсумовує, з послідовним перенесенням і що має фіксовані коефіцієнти ділення 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128.

В більшості випадків в мікропроцесорних системах управління сигнали зворотного зв'язку про регульовані параметри і задаючі дії представлені в аналоговому вигляді. Для вводу в мікроЕОМ і подальшої обробки таких сигналів їх представляють у вигляді цифрового коду. Для перетворення аналогових сигналів в цифровий еквівалент-код застосовуються аналого-цифрові перетворювачі (АЦП).

Існує декілька методів аналого-цифрового перетворення, що визначають в основному технічні характеристики виконаних на їх основі АЦП. Технічні характеристики АЦП можна розбити на ряд груп: точностні; часові; надійностні; узагальнені вартісні.

У якості точностних характеристик використовують: кількість достовірних двійкових розрядів на виході АЦП, відносну погрішність і ін.

Часові характеристики або параметри в тій або іншій формі визначають швидкодію АЦП. Розрізняють три часові характеристики АЦП: · період квантування – це інтервал між двома послідовними перетвореннями (величину, зворотню періоду квантування, називають частотою квантування); · тривалість циклу перетворення – це затримка між моментом подачі вхідної величини на АЦП і моментом видачі коду; · час перетворення – це часовий інтервал, протягом якого вхідний сигнал безпосередньо взаємодіє з АЦП.

Надійностні характеристики і параметри оцінюють здібність АЦП до роботи під впливом різних дестабілізуючих чинників (часу, температури,

вологості і ін.). Як параметри надійності можна брати самі різні величини (інтенсивність відмов, час напрацювання на відмову і ін.).

Узагальнені вартісні характеристики включають всю решту вимог.

У мікропроцесорних системах управління технологічним устаткуванням часто застосовують багатоканальні АЦП (АЦП з мультиплексованим входом). При цьому один АЦП послідовно перетворює в код ряд аналогових сигналів. Для зв'язку АЦП з мікропроцесором часто застосовують спеціальні ВІС – контролери АЦП. У їх склад, як правило, входять: каналний інтерфейс для стиковки з системною магістраллю мікроЕОМ; мультиплексор для підключення до АЦП різних входних аналогових сигналів; буферний запам'ятовуючий пристрій для зберігання результатів перетворень (це дозволяє процесору прочитувати результат перетворення будь-якого сигналу в довільний момент часу); пристрій управління АЦП і інші сервісні пристрої.

Прикладом контролера АЦП, призначеного для підключення АЦП до системної магістралі мікроЕОМ, є ВІС K588ВГ4.

Для видачі інформації від мікроЕОМ в аналогові пристрої, зокрема на осцилографи, використовуються цифроаналогові перетворювачі (ЦАП). Для підключення ЦАП до системної магістралі мікроЕОМ і виконання сервісних функцій, аналогічних виконуваним контролером АЦП, існують ВІС контролерів ЦАП.