

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
**Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя**

Кафедра автоматизації
технологічних процесів і
виробництв



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторної роботи №7
«Розробка системи керування гнучкою
автоматизованою ділянкою»
з курсу «Обладнання та основи створення
гнучких автоматизованих виробництв»
для студентів спеціальності
151 «Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»

Тернопіль
2018

Методичні вказівки до лабораторної роботи № 7 «Розробка системи керування гнучкою автоматизованою дільницею» з курсу «Обладнання та основи створення гнучких автоматизованих виробництв» / В.Б.Савків, Р.І.Михайлишин – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – 26 с.

Рецензент: д.т.н., професор Стухляк П.Д.

Відповідальний за випуск: д.т.н., професор Марущак П.О.

Методичні вказівки розглянуто і схвалено на засіданні кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв (протокол № 1 від 29 серпня 2018 р.).

Схвалено і рекомендовано до друку Вченою Радою факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії (протокол № 1 від 30 серпня 2018 р.).

Лабораторна робота № 3

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ГНУЧКОЮ АВТОМАТИЗОВАНОЮ ДІЛЬНИЦЕЮ

Мета роботи: вивчення будови пристрою циклового програмного керування МКП-1 та принципів його функціонування при реалізації різноманітних режимів і команд; освоєння методики проектування і придбання практичних навичок програмування системи керування гнучкою автоматизованою дільницею.

1. Технічні характеристики програмованого мікроконтролера МКП-1

1.1. Тип керування – цикловий (по часовому, шляховому або сумісному принципах), програмно сумісний.

1.2. В залежності від обсягу пам'яті робочих програм, кількості входів-виходів і наявності модуля послідовного інтерфейсу мікроконтролери виготовляються наступних типів:

Таблиця 1.

Тип	Скорочене позначення	Обсяг пам'яті програм Кбайт, команд	Кількість входів	Кількість виходів модуля послідовного інтерфейсу
4СМЗ.	МКП-1-16-0.5	0.5; 256	16	16
–01	МКП-1-32-0.5	0.5; 256	32	32
–02	МКП-1-48-1	1; 512	48	48
–03	МКП-1-48-2	2; 1024	48	48

1.3. Програмовані функції:

- керування виходами на виконавчі пристрої;
- прийом інформації, яка поступає від датчиків стану обладнання;
- формування витримок часу;
- керування лічильниками;
- звертання до підпрограм;
- організація умовних і безумовних переходів по програмі;
- зв'язок з керуючим обчислювальним комплексом вищого рангу по інтерфейсу послідовної передачі інформації.

1.4. Сервісні функції:

- редагування програм;
- тестовий контроль модулів;
- контроль робочих програм.

1.5. Режими роботи:

- під керуванням програми, яка записана в пам'ять робочих програм (автоматичне керування);
- під керуванням команд, які подані з пульта керування (ручне керування);
- покрокове виконання програми;
- запис команд в пам'ять робочих програм (програмування);
- перегляд програми (вивід на індикацію вмісту пам'яті робочих програм).

1.6. Ввід і відладка програм, керування режимами роботи з клавіатури вмонтованого пульта керування. Відображення інформації на однорядковому дисплеї і світлодіодних індикаторах пульта керування.

Число клавіш для вводу інформації – 17.

Число знакомісць дисплею – 8.

1.7. Система числення при вводі інформації з клавіатури пульта керування і виводі її на дисплей – шістнадцяткова.

1.8. Дискретність задання витримок часу – 0,1 с.

1.9. Параметри сигналів зв'язку з зовнішніми пристроями:

1) вихідні сигнали для керування виконавчими пристроями:

напруга постійного струму, яка комутується, В 20...30;

максимальний струм, який комутується по кожному виході, А 0,5;

спад напруги на включеному виході при струмі навантаження 0,24 А, В, не більше 2;

2) параметри входних сигналів з зовнішнього обладнання:

високий рівень напруги постійного струму, В 20...30

низький рівень напруги постійного струму, В не більше 5

вхідний струм при вихідній напрузі 24В, мА 13

час реакції на передній фронт вхідного сигналу, мс 4.

1.10. Мікроконтролер забезпечує світлову індикацію стану кожного входу і виходу.

1.11. Мікроконтролер при використанні живлення пам'яті робочих програм від акумуляторів, які вмонтовані, забезпечує збереження інформації, яка записана в пам'ять, при виключенні основного живлення.

1.12. Мікроконтролер виконання 4СМ3.611.014-03 забезпечує можливість обміну інформацією з керуючим обчислювальним комплексом вищого рангу по каналу послідовної передачі даних. Довжина лінії зв'язку – до 300м.

1.13. Середній термін служби до списання не менше 10 років.

1.14. Живлення – мережа змінного струму напругою 220+10% В, частотою 50 Гц.

1.15. Потужність яка споживається, не більше 100 Вт.

1.16. Габаритні розміри, мм, не більше

довжина 440

ширина 275

висота 170.

1.17. Маса не більше 10кг.

2. Будова та принцип роботи МКП-1

2.1. Конструкція мікроконтролера.

2.1.1. Максимальну конфігурацію з числа розроблених для мікроконтролера модулів має виконання МКП-1-48-2 (4СМЗ.611.014-03).

Головними конструктивними вузлами МКП-1 є:

- корпус;
- пульт керування;
- функціональні модулі;
- модулі джерела живлення.

2.1.2. Модулі мікроконтролера, які входять до складу всіх виконань, вказані в табл. 2.

Таблиця 2.

Назва	Позначення	К-сть
Пульт керування	4СМ5.437.227	1
Модуль керування	4СМ5.553.034	1
Модуль процесора	4СМ5.553.026	1
Модуль енергонезалежного ЗП	4СМ5.553.035	1
Модуль пам'яті	4СМ5.553.027-01	1
Модуль вводу дискретних сигналів	4СМ5.553.028	1
Модуль виводу дискретних сигналів	4СМ5.553.029	1
Модуль перетворювача	4СМ5.553.032	1
Модуль стабілізатора 5В	4СМ5.553.031	1
Модуль стабілізатора 12В	4СМ5.553.030	1

2.1.3. Лицьові планки функціональних модулів, модулів джерела живлення і лицьова панель пульта керування утворюють передню панель мікроконтролера, на якій розміщені всі необхідні органи керування і індикації:

вимикач СЕТЬ, індикатор напруги живлення мережі і запобіжники, включені в мережу первинного живлення;

індикатори наявності напруги вторинних стабілізованих джерел живлення +5, +12, –5В;

індикатори стану входів і виходів мікроконтролера, розміщених на лицьових планках модулів вводу і виводу дискретних сигналів;

індикатор ОЖ, включений стан якого сигналізує оператору про те, що мікроконтролер знаходиться в режимі очікування вводу з клавіатури пульта керування.

Планка 19 прикриває з лицьової сторони мікроконтролера вільну позицію 23, яка використовується для під'єднання до магістралі МКП-1 за допомогою перехідної плати спеціального технологічного обладнання.

Такі ж планки встановлюються на вільних від модулів вводу і виводу дискретних сигналів позиціях.

Модулі мікроконтролера мають два головних конструктивних варіанти виконання:

1) встановлені за пультом оператора модуль керування, модуль послідовного інтерфейсу, модуль енергонезалежного ЗП виконані на двохсторонніх печатних платах розміром 140x160 мм і не мають лицьових планок;

2) інші модулі виконані на двохсторонніх печатних платах розміром 140x180 мм і використовують у своєму складі лицьові планки з органами керування та індикації.

2.1.4. Пульт керування включає в себе 8-розрядний однорядковий дисплей, індикатори режимів роботи і клавіатуру.

2.1.5. Конструкція мікроконтролера передбачає по бажанню замовника два варіанти його розміщення на місці експлуатації:

- настільний;
- стійковий.

2.1.6. На задній панелі мікроконтролера закріплений фільтр живлення (з внутрішньої сторони) і розетки з'єднувачів типу РП15-32 призначені для під'єднання зовнішнього обладнання.

В таблиці 3 представлені варіанти розміщення розеток з'єднувачів типу РП15-32 на задній стінці мікроконтролера з вказанням їх позначення і призначення в залежності від виконання мікроконтролера.

Таблиця 3.

Позначення розеток з'єднувачів	Виконання мікроконтролера				Призначення розеток з'єднувачів
	МКП-1-16-05	МКП-1-32-05	МКП-1-48-1	МКП-1-48-2	
00-0F	+	+	+	+	Під'єднання вхідних сигналів з адресами 00-0F
00-0F	+	+	+	+	Під'єднання зовнішніх навантажень з адресами 00-0F
10-1F	–	+	+	+	Під'єднання вхідних сигналів з адресами 10-1F
10-1F	–	+	+	+	Під'єднання зовнішніх навантажень з адресами 10-1F
20-2F	–	–	+	+	Під'єднання вхідних сигналів з адресами 20-2F
20-2F	–	–	+	+	Під'єднання зовнішніх навантажень з адресами 20-2F
“ПІІ”	–	–	–	+	Під'єднання каналу послідовної передачі даних

2.1.7. Елементна база мікроконтролера – інтегральні мікросхеми серій КР 140, КМ 155, КР 188, К 555, К 293, К 573, К589, КР580 ИК80А і дискретні елементи.

2.2. Структурна схема мікроконтролера.

2.2.1. Мікроконтролер представляє собою орієнтований на задачі циклового і програмно-логічного керування технологічним обладнанням мікропроцесорний пристрій, алгоритм роботи якого визначається програмою, яка введена в його пам'ять.

В складі виробу можна виділити:

- модуль процесора;
- систему пам'яті, яка включає в себе модуль пам'яті і модулі енергонезалежного запам'ятовуючого пристрою;
- систему вводу-виводу, яка забезпечує з допомогою відповідних модулів зв'язок модуля процесора з пультом керування, керуючої ЕОМ вищого рангу і зовнішнім технологічним обладнанням;
- систему енергоживлення.

2.2.2. Модуль процесора (МПР), виконаний на базі ВІС КР580ИК80 здійснює збір, цифрову обробку і вивід інформації у відповідності з виконавчою програмою, записаною в постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) модуля пам'яті.

Виконавча програма є невід'ємною частиною мікроконтролера, невидимою і недоступною для користувача. Її призначення – перетворення інструкцій, введених оператором з допомогою пульта керування або поступаючих від керуючої програми, в послідовність кодів машинної мови мікропроцесора, які реалізують ці інструкції.

Керуюча програма – програма, написана користувачем в кодах команд вхідної мови мікроконтролера і яка забезпечує виконання заданого алгоритму керування зовнішнім обладнанням. Вона розміщена в модулях енергонезалежного запам'ятовуючого пристрою (МЕНЗП) і зберігається при відключенні первинного живлення мікроконтролера завдяки використанню в кожному МЕНЗП батареї дискових акумуляторів.

Пульт керування (ПК) разом з модулем керування (МК) складають технічні засоби спілкування оператора з мікроконтролером. ПК включає в себе клавіатуру для вводу команд і керування режимом роботи мікроконтролера, однорядковий дисплей призначений для відображення інформації яку контролює оператор і індикатори режимів роботи.

МК забезпечує спряження клавіатури і індикації ПК з внутрішньою лінією обміну інформацією мікроконтролера.

2.2.4. Модулі вводу (МВВ) і виводу (МВІВ) дискретних сигналів призначені для зв'язку мікроконтролера з зовнішнім технічним обладнанням – електропневмоперетворювачами, реле, елементами сигналізації, давачами стану обладнання (контактними і безконтактними) виконавчими пристроями і т.п. Вони забезпечують перетворення рівнів і гальванічну розв'язку сигналів, а також індикацію стану кожного входу і виходу мікроконтролера.

2.2.5. Модуль послідовного інтерфейсу (МПІ) призначений для обміну інформацією між мікроконтролером і керуючим обчислювальним комплексом вищого рангу в АСУТП, побудованих по ієрархічному принципу.

МПІ перетворює паралельний формат даних в послідовний при виводі

даних з мікроконтролера і навпаки – при вводі. Використання послідовного формату дозволяє суттєво скоротити витрати на лінію зв'язку і підвищити її завадостійкість.

2.2.6. Система електроживлення мікроконтролера перетворює первинну напругу мережі у вторинну стабілізовану напругу величиною +5 В, +12 В, необхідну для живлення його модулів.

2.3. Режими роботи мікроконтролера.

2.3.1. Для виконання операцій вводу, контролю, відладки і виконання керуючих програм в мікроконтролері передбачені п'ять режимів роботи: “Ручний”, “Покроковий”, “Автоматичний”, “Ввід програми”, “Перегляд програми”.

2.3.2. Режим керування “Ручний” забезпечує можливість виконання програми зразу після вводу її з клавіатури ПК без запам'ятовування коду в ЕНЗП мікроконтролера, що дозволяє реалізувати оперативну відладку керуючого обладнання.

2.3.2.1. Щоб перейти в режим “Ручний”, натисніть клавішу режиму Р і, не відпускаючи її, клавішу 1. При цьому повинен засвітитись індикатор режиму роботи Р.

При включенні живлення і після натискання кнопки СБР мікроконтролер переходить в режим “Ручний”.

2.3.2.2. Для вводу коду команди виконайте послідовно чотири натискання на клавішу ПК, які відповідають значенням “N3”, ”N2”, “N1”, “N0”, перевіряючи перед кожним натисканням готовність мікроконтролера до прийому інформації з клавіатури по стану індикатора ОЖ.

Правильність вводу з клавіатури контролюйте по послідовному виводі значень “N3”, “N2”, “N1”, “N0” на відповідне знакомісце дисплея ПК: “N3”, ”N2” – в зоні коду операції; “N1”, ”N0” – в зоні операнда.

2.3.2.3. У випадку помилки при введенні будь-якого із значень “N3”, “N2”, “N1”, “N0” ще раз включіть режим “Ручний” і повторіть ввід коду команди.

2.3.2.4. Переконавшись в правильності вводу, натисніть довільну інформаційну клавішу ПК при цьому мікроконтролер здійснює виконання введеної команди.

2.3.2.5. Введений код індикується на дисплеї протягом всього часу виконання команди, якщо зміна індикації не передбачена самою командою. Після закінчення виконання команди дисплей гасне.

2.3.3. Режим “ВВІД ПРОГРАМИ”.

2.3.3.1. Режим “ВВІД ПРОГРАМИ” використовується при записі кодів команд керуючої програми в ЕНЗП. Необхідна команда набирається оператором на клавіатурі ПК. Процесор під керуванням виконавчої програми зчитує коди натиснутих клавіш формує з них код команди і пересилає його в ЕНЗП за адресою, яка визначається лічильником команд, який розміщений в ОЗП МП. Після закінчення пересилання кожної команди вміст лічильника команд збільшується на одиницю. Інформація, яку вводять разом з поточним

значенням лічильника команд відображається на дисплеї ПК.

2.3.3.2. Щоб включити режим “ВВІД ПРОГРАМИ” натисніть клавішу режиму Р і не відпускаючи її клавішу 3. При цьому повинен засвітитись індикатор режиму роботи ВП, а на дисплеї в зоні адреси індикується значення базової адреси (“БА”) і лічильника команд (“ЛК”). Всі інші зони дисплею погашені.

2.3.3.3. Ввід коду команди виконайте аналогічно вводу в режимі “Ручний”. У випадку помилки при вводі ще раз включіть режим “ВВІД ПРОГРАМИ” (значення “БА” і “ЛК” в зоні адреси не змінюється), повторіть ввід коду команди.

2.3.3.4. Впевнившись в правильності вводу, натисніть будь-яку інформаційну клавішу ПК, при цьому сформований код записується в ЕНЗП за адресою яка визначається значенням “ЛК” і “БА”.

2.3.3.5. Після закінчення запису коду в ЕНЗП значення “ЛК” збільшується на одиницю і виводиться на дисплей в зоні адреси. Інші зони дисплея погашені. Мікроконтролер готовий до прийому і запису нового коду.

2.3.4. Режим “ПЕРЕГЛЯД ПРОГРАМИ”

2.3.4.1. Структура технічних засобів мікроконтролера в режимі “ПЕРЕГЛЯД ПРОГРАМИ” аналогічна розглянутій “ВВІД ПРОГРАМИ”, але напрям проходження інформації протилежний. У відповідності з адресою комірки ЕНЗП, який записаний в лічильнику команд процесор проводить зчитування інформації яка міститься в цій комірці і виводить її на індикацію разом з поточним значенням лічильника команд. Вміст лічильника команд модифікується і процесор переходить в режим очікування натискання клавіші, який приймає як команду виводу на індикацію вмісту комірки ЕНЗП.

Режим використовується для контролю оператором керуючої програми, яка зберігається в пам’яті мікроконтролера.

2.3.4.2. Щоб включити режим “ПЕРЕГЛЯД ПРОГРАМИ” натисніть клавішу режиму Р і не відпускаючи її клавішу 4, якщо перегляд іде в напрямку збільшення і клавішу 5, якщо в напрямку зменшення адреси керуючої програми.

При цьому повинен включатись індикатор режиму роботи ПП, на дисплеї в зоні адреси відображається значення “БА” і “СК”, в зонах коду операції і операнда – код команди, записаний в ЕНЗП за цією адресою.

2.3.4.3. Натисканням на будь-яку інформаційну клавішу значення “СК” збільшується (зменшується) на одиницю і на дисплей виводяться адреса і код наступної команди.

2.3.5. Режим “ПОКРОКОВИЙ”.

2.3.5.1. В режимі “ПОКРОКОВИЙ” кожне натискання інформаційної клавіші дозволяє виконання однієї команди, що дозволяє оператору виконувати керуючу програму, записану в ЕНЗП, в необхідному йому темпі і використовувати цей режим як відладочний.

2.3.5.2. Для включення режиму “ПОКРОКОВИЙ” натисніть клавішу режиму Р і невідпускаючи її клавішу 2. При цьому повинен включитись індикатор режиму роботи “Ш”.

На дисплеї відображається значення “БА” і “СК” разом з кодом команди, записаним в ЕНЗП за адресою, яка визначається її значенням.

2.3.5.3. Натискання будь-якої інформаційної клавіші приводить до виконання записаної програми і по закінченню виконання виводу на дисплей адреси і коду наступної команди керуючої програми.

2.3.6. Режим “АВТОМАТИЧНИЙ”.

2.3.6.1. Головним режимом, призначеним для керування технологічним обладнанням у відповідності з алгоритмом, реалізованим у вигляді керуючої програми, є режим “АВТОМАТИЧНИЙ”.

2.3.6.2. Для включення режиму “АВТОМАТИЧНИЙ” натисніть клавішу режиму Р і не відпускаючи її клавішу 0. При цьому повинен засвітитись індикатор режиму А, дисплей погашений за виключенням тих моментів, коли індикація обумовлена командою, яка виконується.

2.3.6.3. Виконання керуючої програми починається з адреси, рівної вмісту “СК” і “БА” в момент включення режиму “АВТОМАТИЧНИЙ”.

2.3.6.4. Щоб зупинити виконання керуючої програми в режимі “АВТОМАТИЧНИЙ” переключіть мікроконтролер в будь-який інший режим роботи.

Мікроконтролер виконає чергову команду керуючої програми, збільшить значення “СК” на одиницю і перейде в потрібний режим. При включенні режимів “ПЕРЕГЛЯД ПРОГРАМИ” або “ПОКРОКОВИЙ” на дисплеї відобразиться адреса і код наступної команди. Використовуючи цю інформацію оператор може визначити, в якому місці керуючої програми зупинився мікроконтролер.

При включенні режиму “АВТОМАТИЧНИЙ” виконання керуючої програми буде проводитись з команди, на якій зупинився мікроконтролер.

2.3.6.5. Зупинити виконання керуючої програми можна також командою “СТОП”, введеною в потрібне місце програми. В цьому випадку для подальшого пуску керуючої програми натисніть будь-яку інформаційну клавішу.

Можлива зупинка керуючої програми з допомогою зовнішнього сигналу.

2.3.7. Запис, перегляд і виконання керуючої програми можна починати з довільної адреси ЕНЗП, для чого в режимі “РУЧНИЙ” виконайте безумовну передачу керування на потрібну адресу, замінивши, якщо необхідно, перед цим базову адресу програми. Потім переключіть мікроконтролер в потрібний режим роботи для виконання необхідної операції.

2.3.8. При роботі мікроконтролера в режимі “АВТОМАТИЧНИЙ” інформація клавіатурно заблокована, мікроконтролер реагує тільки на зміну режиму.

Примітка. Натискання на інформаційні клавіші 6...F при натиснутій клавіші режиму Р приводить до переключення мікроконтролера в режим “ПЕРЕГЛЯД ПРОГРАМИ” (із змінами “СК” в сторону збільшення значення адреси).

3. Програмування мікроконтролера МКП-1

3.1. Система команд мікроконтролера.

3.1.1. Мікроконтролер оснащений системою команд, призначеною для вирішення задач циклового і програмно-логічного керування дискретними виробничими процесами, яка забезпечує простоту і високу продуктивність програмування. Вихідна інформація для складання програм може бути представлена циклограмою роботи обладнання, блок-схемою алгоритму керування або у вигляді булевих функцій.

Система команд мікроконтролера реалізована виконавчою програмою, яка зберігається в ППЗУ модуля пам'яті.

3.1.2. Команди мікроконтролера можна розділити по функціональному призначенню на наступні групи:

- 1) команди вводу-виводу;
- 2) команди керування програмою;
- 3) команди керування лічильниками;
- 4) команди контролю і редагування програми;
- 5) команди тестового контролю функційних блоків.

Система команд мікроконтролера наведена в таблиці 4.

Таблиця 4.

Скорочене позначення команди	Формат команди		Короткий зміст
	Код операції N3 N2	Операнд N1 N0	
КОМАНДИ ВВОДУ–ВИВОДУ			
ОЖО	01	Адреса входу	Очікування відсутності вхідного сигналу. Перехід до виконання наступної команди програми проходить тільки при відсутності сигналу на вході з заданою адресою.
ЩЖО	02	Адреса входу	Очікування наявності вхідного сигналу. Перехід до виконання наступної команди програми проходить тільки при наявності сигналу на вході з заданою адресою.
ОЖО	03	Адреса входу	Перевірка входу на відсутність сигналу. При відсутності сигналу на вході з заданою адресою біт умови зберігає попереднє значення, в протилежному випадку біт умови обнуляється.
ПРІ	04	Адреса входу	Перевірка входу на наявність сигналу. При наявності сигналу на вході з заданою адресою біт умови зберігає попереднє значення, в протилежному випадку біт умови обнуляється.
ВКЛ	05	Адреса виходу	Включити вхід із заданою адресою
ВИКЛ	06	Адреса виходу	Включити вихід з заданою адресою

БУ	12	Адреса виходу	Вивід біту умови прямий. Вихід з заданою адресою встановлюється у відповідності з вмістом біту умови.
БУ	13	Адреса виходу	Вивід біта умови інверсний. Вихід з заданою адресою встановлюється у відповідності з значенням, протилежним вмісту біту умови.
Т	07	Т	Витримка часу. Команда затримки виконання керуючої програми на час $T \cdot 0.1c$.
КОМАНДИ КЕРУВАННЯ ПРОГРАМОЮ			
НОП	00	00	Немає операції. Безумовний перехід до виконання наступної команди програми.
СТОП	08	00	Зупинка програми.
БУП	09	Адреса команди	Безумовний перехід до виконання команди, яка міститься по вказаній адресі.
УПІ	0A	Адреса команди	Перехід до виконання команди, яка міститься за вказаною адресою, якщо в біті умови "1". В протилежному випадку (проходить виконання наступної команди програми).
УПО	0B	Адреса команди	Перехід до виконання команди, яка міститься за вказаною адресою, якщо в біті умови "0". В протилежному випадку проходить виконання наступної команди програми.
БАП	0F	0 Уставка	Зміна базової адреси програми.
ПП	10	Адреса команди	Перехід до підпрограми. Перехід до виконання команди, яка міститься по вказаній адресі, з запам'ятовуванням адреси повернення
ВОЗВРАТ	11	00	Повернення з підпрограми.
КОМАНДИ КЕРУВАННЯ ЛІЧИЛЬНИКАМИ.			
СС4	0D	0 Номер лічильника	Скидання лічильника. Обнулення лічильника з заданим номером.
+C4	0C	Номер лічильника	Вміст лічильника з заданим номером збільшується на 1.
=C4	0E	Установка Номер лічильника	Порівняння лічильника. Якщо вміст лічильника з заданим номером дорівнює уставці, то біт умови збереже попереднє значення "1". В протилежному випадку біт умови обнуляється.
КОМАНДИ КОНТРОЛЮ І РЕДАКТУВАННЯ ПРОГРАМ.			
РЕД	14	Адреса команди	Команда керуючої програми, починаючи із вказаної адреси і до першої адреси, яка містить команду НОП, змінюється в бік збільшення адрес на один крок. По вказаній адресі записується код 0000 команди НОП. Команда РЕД використовується для вставки команд в програму.
КСП	15	Номер сторінки	Обчислення контрольної суми кодів команди, які містяться в сторінці пам'яті із вказаним номером.

КОМАНДИ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ ФУНКЦІЙНИХ БЛОКІВ			
Тест МПІ	16	00	Команда перевірки МПІ
Тест МЕНЗП	18	Кількість модулів які перевіряються	Команда перевірки МЕНЗП
Загрузчик	17	Кількість модулів вводу/ виводу МЕНЗП	Команда завантаження програми, яка забезпечує комплексну перевірку функційних блоків мікроконтролера
Текст вводу-виводу	19	Кількість модулів, що (перевіряються)	Команда перевірки системи дискретного вводу-виводу.

3.1.3. Слово команди мікроконтролера ділиться на два поля довжиною по вісім розрядів – поле коду операції і поле операнда. Формат команди мікроконтролера представлений на рис. 1.

“N0”, “N1”, “N2”, “N3” кодуються символами шістнадцяткової системи числення 0, ...9, A, B, C, D, E, F.

3.1.4. Сукупність команд мікроконтролера, яка створює керуючу програму, записується і зберігається в модулі ЕНЗП.

В залежності від варіанту виконання в склад мікроконтролера входить від 1 до 4 модулів ЕНЗП.

Місткість модуля ЕНЗП дозволяє записати 256 команд керуючої програми (512 байт) і складає одну зону пам'яті.

Кожна зона пам'яті в свою чергу, ділиться на дві сторінки, обсягом по 128 команд (256байт).

Номер зони є базовою адресою для відліку команд керуючої програми записаної в цій зоні, і зберігається в службовому регістрі “БА”, який організований виконавчою програмою в ОЗП мікроконтролера.

Крім “БА” в ОЗП організовані наступні регістри:

1) “ЛК” – лічильник команд мікроконтролера, вміст якого визначає адресу команди в межах зони пам'яті;

2) “БУ” – біт умови, значення якого встановлюється в залежності від результату виконання ряду операцій. Аналіз біту умови використовується для керування ходом виконання керуючої програми;

3) “ВС” – регістр-вказівник стеку, який визначає адреси комірок ОЗП (стекової пам'яті), в яких запам'ятовуються значення “БА” і “ЛК” при зверненні до підпрограми, і звідки вони вибираються при виконанні команди “ВОЗВРАТ”;

4) шістнадцять лічильників, вміст яких може змінюватись від 0 до F. При необхідності лічильник може бути використаний як однобітова пам'ять.

Зміну стану службових регістрів наведено в описі відповідних команд.

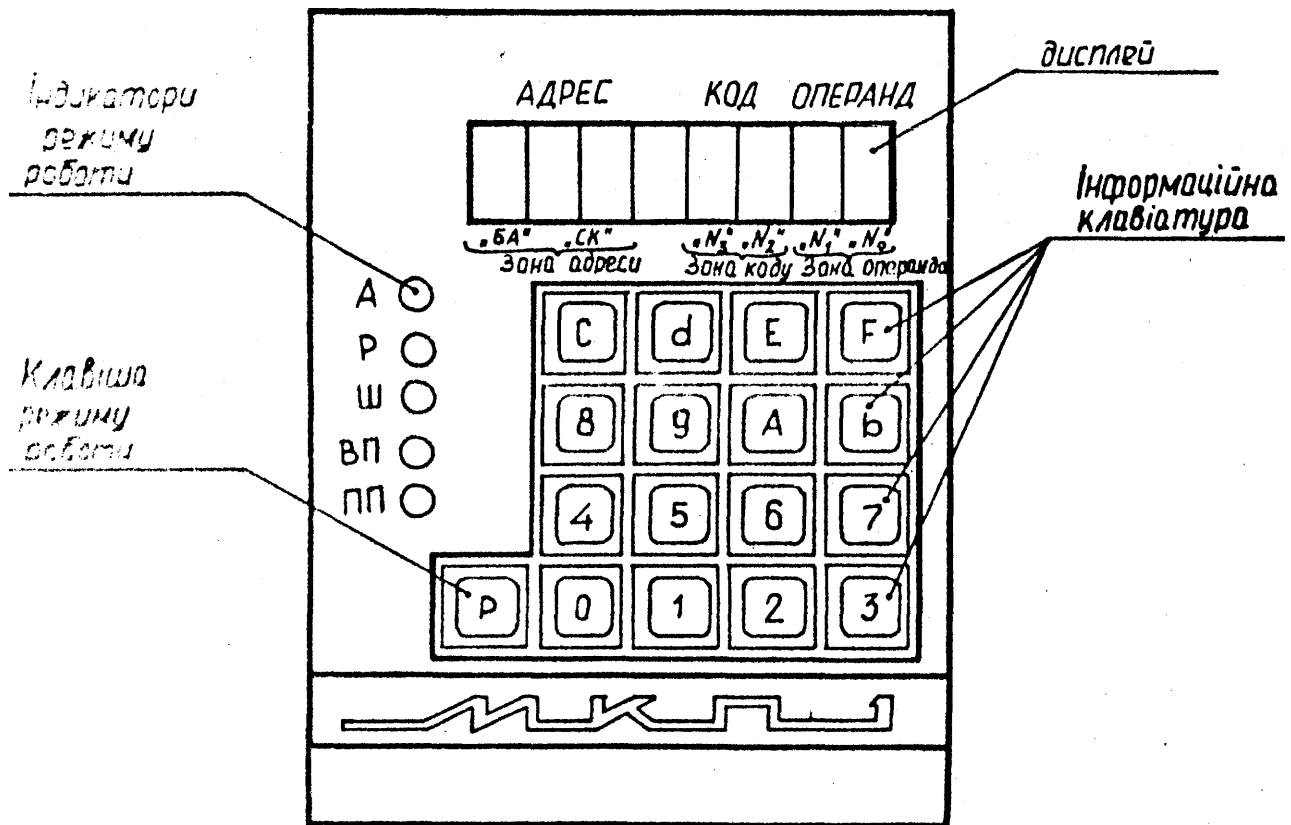


Рис. 1. Зовнішній вигляд пульта керування

3.1.5. Команди вводу-виводу забезпечують ввід інформації від датчиків стану обладнання і видачу керуючих впливів на виконавчі пристрої (рис. 2).

3.1.5.1. В командах виводу інформації адреса виходу, яка визначається значенням поля операнда, кодується двома шістнадцятковими цифрами N1, N0 (див. табл. 4), перша з яких може приймати значення від 0 до 2 і визначає один із трьох модулів дискретних сигналів, які можуть бути встановлені в мікроконтролері.

Друге шістнадцяткове число N0 визначає один із шістнадцяти конкретних виходів 0, ... F в межах вибраного модуля. Стан кожного виходу відображається відповідним індикатором, виведеним на передню панель модулів виводу дискретних сигналів.

Приклади зв'язку команд виводу з керованими по них зовнішніми навантаженнями наведені в табл. 5.

Таблиця 5.

Формат команди		КОРОТКИЙ ЗМІСТ
Поле коду операції	Поле операнда	
05	00	Включити навантаження Z0, під'єднане до вихідного роз'єму 00–0F
06	1A	Включити навантаження ZA під'єднане до вихідного роз'єму 00–1F
12	2F	Навантаження ZF під'єднане до вихідного роз'єму 20–2F

		включити, якщо біт умови встановлений в “1”, у протилежному випадку виключити.
13	15	Навантаження Z5, під’єднане до вихідного роз’єму 10–1F включити, якщо біт умови встановлений в “0”, в протилежному випадку – виключити.

3.1.5.2. В командах опитування давачів стану технологічного обладнання адреси давачів визначаються аналогічно адресам виходів.

Стан кожного входу відображається на індикаторах 0,...F, виведених на передню панель модулів вводу дискретних сигналів.

Приклад зв’язку команд опитування давачів з їх адресами і під’єднанням до вхідних роз’ємів мікроконтролера наведені в табл. 6.

Таблиця 6.

Формат команди		КОРОТКИЙ ЗМІСТ
Поле коду операції	Поле операнду	
01	00	Очікування розмикання давача D0 під’єданого до роз’єму 1 00–0F. Вхід “0” буде опитуватись до тих пір, поки напруга на контактах 1, 14 не стане близькою до нуля
02	1A	Очікування замикаання давача DA під’єданого до роз’єму 1 10–1F. Вхід “A” буде опитуватись до тих пір, поки на контактах 28,11 не з’явиться напруга 20...30В.
03	2F	Перевірка входу на відсутність сигналу. Якщо напруга на контактах 32, 24 роз’єму 1 20–2F, до яких під’єднаний давач DF близько до нуля, біт умови зберігає своє попереднє значення, в протилежному випадку обнуляється.
04	05	Перевірка входу на наявність сигналу. Якщо напруга на контактах 16, 6 роз’єму 00–0F, до яких під’єднаний давач D5, в межах 20...30В, біт умови зберігає своє попереднє значення в протилежному випадку – встановлюється в “0”.

3.1.5.3. Логічна операція “Т”, яка проходить в “БУ” при виконанні команд опитування виходів, дозволяє реалізувати алгоритм керуючої програми, заданий булевими функціями.

Слід відмітити, що вихідний стан, який приймається бітом умови при включенні живлення мікроконтролера, відповідає логічній “1”.

Приклад.

Припустимо закон керування зовнішнім обладнанням визначений виразом:

$$Y1 = X0 \cdot X1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot X4$$

$$Y2 = Y1$$

де – Y1, Y2 виконавчі елементи з адресами 2F і 1A відповідно; X0, X1, X3 – давачі стану технологічного обладнання з адресами 00, 01, 03 відповідно, еквівалентні нормально розімкнутим контактам реле; X2, X4 – давачі стану технологічного обладнання з адресами 02, 04 відповідно, еквівалентні нормально замкнутим контактам реле.

Програма, яка реалізує ці вирази, наведена в табл. 7.

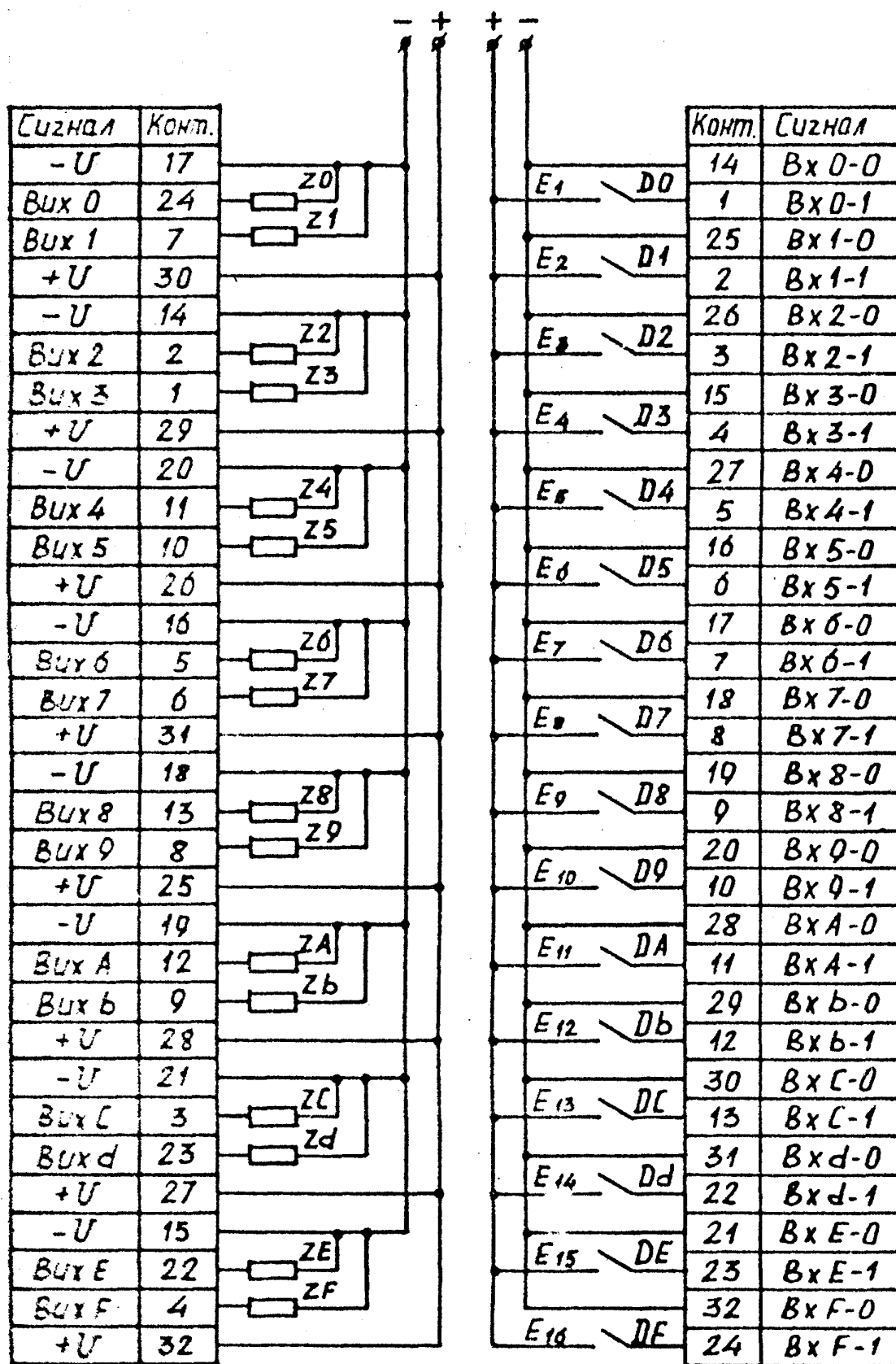


Рис. 2. Електрична схема комутації входів/виходів мікроконтролера МКП-1

Таблиця 7.

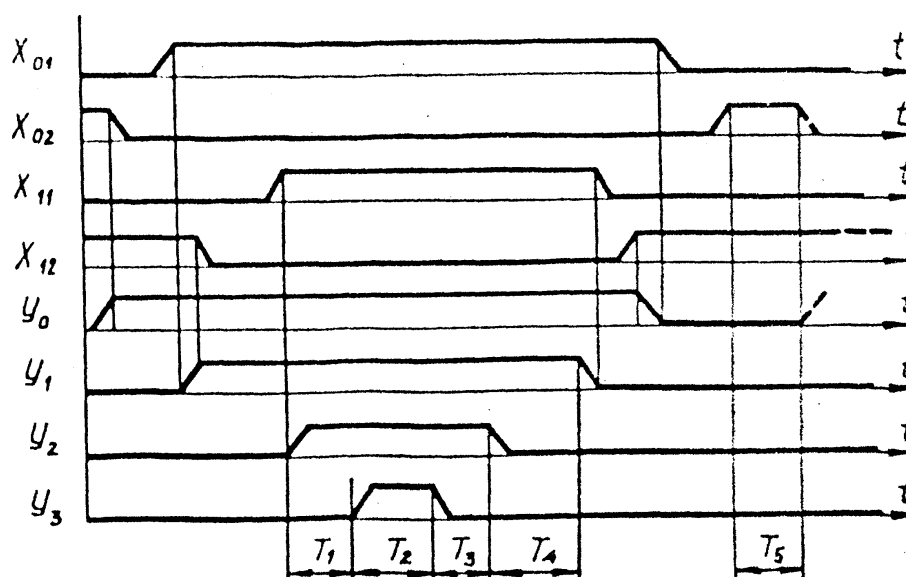
Адреса команди	Формат команди		Зміст
	Код операції	Операнд	
000	04	00	Перевірка включеного стану давача X0
001	04	01	Перевірка включеного стану давача X1
002	03	02	Перевірка виключеного стану давача X2
003	04	03	Перевірка включеного стану давача X3
004	03	04	Перевірка виключеного стану давача X4
005	12	2F	Встановлення виходу 2F у відповідності з значенням “БУ” (вмикання, якщо результат попередніх перевірок додатній, і виключення, якщо хоча б одна із перевірок не підтвердилась).
006	13	1A	Встановлення виходу 1A в стан, протилежний значенню “БУ” (увімкнути, якщо хоча б одна з перевірок не підтвердилась, в іншому випадку – виключити).

3.1.5.4. Команда “Витримка часу” призначена для реалізації алгоритмів задач циклового керування, побудованого по часовому принципу.

В полі оператора команди задається величина витримки часу кратна 0,1с. Наприклад, мінімальна витримка, рівна 0,1с задається командою 0701, а максимальне значення рівне 25,5 – командою 07FF. Якщо необхідно отримати часову затримку, більшу, ніж 25,5с в керуючу програму необхідно послідовно увімкнути дві або декілька команд витримки часу, які забезпечують сумарну затримку яка потрібна.

Приклад:

Припустимо, робота керованого об’єкту описана циклограмою, показаною на рис. 3.



АДРЕСА				КОП	ОПЕРАНД		
0	1	0		0	2	0	1

Де Y1, Y0 – двохпозиційні об’єкти керування з адресами 01 і 00 відповідно; X01, X02 – шляхові давачі об’єкту керування Y0, з адресами 00 і 01 відповідно; X11, X12 – шляхові давачі об’єкту керування Y1, з адресами 02 і 03 відповідно; Y2, Y3 – виконавчі механізми, які працюють по часовому принципу, під’єднані відповідно по адресах 02 і 03. Керуюча програма, яка реалізує наведену на рис. 3 циклограму наведена в табл. 8.

Таблиця 8.

Адрес команди	Формат команди		Зміст
	Код операції	Операнд	
000	05	00	Увімкнути вхід 00 (Y0)
001	02	00	Очікування наявності сигналу на вході 00(X01)
002	05	01	Увімкнути вхід 01 (Y1)
003	02	02	Очікування наявності сигналу на вході 02(X11)
004	05	02	Увімкнути вихід 02 (Y2)
005	07	03	Витримка часу T1 =0,3с
006	05	03	Увімкнути вихід 03 (Y3)
007	07	06	Витримка часу T2=0,6с
008	06	03	Виключити вихід 03 (Y3)
009	07	03	Витримка часу T3=0,3с
00A	06	02	Виключити вихід 02 (Y2)
00B	07	04	Витримка часу T4=0,4с
00C	06	01	Виключити вихід 01 (Y1)
00D	02	03	Очікування наявності сигналу на вході 03(X12)
00E	06	00	Виключити вихід 00 (Y0)
00F	02	01	Очікування наявності сигналу на вході 01(X02)
010	07	03	Витримка часу T5=0,3с
011	09	00	Безумовний перехід на нульову адресу.

3.1.6. Команди керування програмою дозволяють ефективно вирішувати задачі програмно-логічного керування обладнанням, використовуючи блок-схеми алгоритмів керування.

3.1.6.1. Команди керування програмою можна розділити на дві групи:

1) команди, які зберігають нормальну послідовність виконання команд програми. Це команди “НОП” і “СТОП”;

2) команди, які змінюють нормальну послідовність виконання програми – команди безумовного і умовного переходів, команди звертання до підпрограм і повернення з них.

3.1.6.2. Наперед передбачену зупинку програми можна здійснити командою “СТОП”. Програма зупиняється із значенням “ЛК”, який вказує на адресу, яка є наступною за адресою команди “СТОП”. Значення “ЛК” і код команди, записаної за цією адресою виводиться на дисплей ПК.

Для дальшого запуску програми натисніть будь-яку інформаційну клавішу ПК. Виконання програми починається з команди, адреса і код якої індикувались на дисплеї ПК при зупинці програми. При запуску програми

дисплей ПК загаситься.

3.1.6.3. Команда “НОП” може знаходитись в будь-якому місці програми. При її виконанні вміст “ЛК” збільшується на одиницю, тобто пройде безумовний перехід до виконання наступної команди програми.

3.1.6.4. Розгалуження програми проводиться відносно “ЛК” за допомогою команд умовного переходу. Перехід здійснюється тільки при виконанні визначеної умови, в протилежному випадку “ЛК” вибирає наступну команду.

Умовою, яка аналізує при виконанні команду “УП0” (“УП1”) є вміст “БУ”. Умовний перехід здійснюється, якщо “БУ”=1 при виконанні команди “УП1” або “БУ”=0 при виконанні команди “УП0”.

В полі операнду команд “УП1” і “УП0” задається адреса команди, з якої починається робота програми при виконанні умови, яка реалізується. Адреса переходу задається в межах зони пам’яті. Після закінчення виконання команд “УП1” з кодом 0A0F у випадку, якщо “БУ”=1, “ЛК” приймає значення 0F і програма буде виконуватись з команди, яка записана за цією адресою. Якщо “БУ”=0, то значення “ЛК” збільшиться на 1, і буде виконуватись команда наступна за командою 0A0F.

3.1.6.5. У випадку, коли необхідно змінити нормальну послідовність виконання команд керуючої програми без аналізу “БУ”, використовується команда безумовної передачі керування.

Адреса переходу в межах зони пам’яті задається в полі операнду команди “БУП”.

Наприклад, по команді безумовного переходу 09FF значення “ЛК” стане рівним FF і наступною буде виконана команда, записана за цією адресою. Команда “БУП” не змінює значення “БУ”.

3.1.6.6. Використання команди звертання до підпрограми “ПП” є ефективним засобом економії пам’яті, якщо в процесі виконання керуючої програми необхідно багаторазове звертання до незмінної її частини. Ця частина одноразово записується в запам’ятовуючий пристрій і закінчується командою “ВОЗВРАТ”. Звернення до неї здійснюється командою “ПП”, в полі операнду якої внесена її початкова адреса.

При виконанні команди “ПП”, записаної за адресою “N”, вміст “ЛК” збільшується на 1, тобто приймає значення (N+1), і завантажується в стек разом з значенням “БА” зони пам’яті. В “ЛК” буде послана адреса, яка знаходиться в полі операнду команди “ПП”.

Адреса задається в границях зони пам’яті. Починаючи з цієї адреси проходить послідовне виконання команд підпрограми до адреси, за якою знаходиться команда “ВОЗВРАТ”. При виконанні цієї команди вміст стеку (N+1) переміщується в “ЛК”, відновлюється значення “БА” і продовжується виконання команди головної програми, яка записана за адресою (N+1).

Стек, організований в мікроконтролері, дозволяє реалізувати вісім рівнів підпрограми. Приклад організації підпрограми двох рівнів приведений в таблиці 9.

Таблиця 9.

Адреса команди	Формат команди		Зміст
	Код операції	Операнд	
ГОЛОВНА ПРОГРАМА			
02F	10	50	Перехід в підпрограмі першого рівня (виконання команди, яка міститься за адресою 050). В стеку запам'ятовується адреса 030.
030	05	00	Включити вихід 00
ПІДПРОГРАМА ПЕРШОГО РІВНЯ			
050	03	1F	Перевірка входу 1 F на відсутність сигналу. Якщо сигналу немає, то “БУ”=1
051	0A	53	Якщо “БУ”=1, то перехід на адресу 053 (до виконання команди “ВОЗВРАТ”)
052	10	60	Перехід до підпрограми другого рівня (до виконання команди, яка міститься за адресою 060). В стеку запам'ятовується адреса 053.
053	11	00	Повернення в головну програму на адресу 030
ПІДПРОГРАМА ДРУГОГО РІВНЯ			
060	04	02	Перевірка входу 02 на наявність сигналу. Якщо сигнал є, то “БУ”=1.
061	0B	63	Якщо “БУ”=0, то перехід на адресу 063 (до виконання команди “ВОЗВРАТ”)
062	09	60	Безумовний перехід на адресу 060.
063	11	00	Повернення в підпрограму першого рівня на адресу 053.

3.1.6.7. Для того, щоб перейти до виконання керуючої програми, розміщеної в другій зоні пам'яті, необхідно змінити базову адресу програми і виконати команду умовного, безумовного переходу або переходу до підпрограми, в полі операнду якої міститься адреса команди зміненої зони пам'яті. Значення “БА” змінюється командою “БАП”, в полі операнду який задається номером зони пам'яті з 0 до F.

Приклад здійснення безумовного переходу з адреси А0 нульової зони пам'яті на адресу 02 першої зони наведено в таблиці 10.

Таблиця 10.

Номер зони	Адреса команди	Формат команди		Зміст
		код операції	операнд	
0	0A0	0F	01	“БА” приймає значення 01
0	0A1	09	02	Безумовний перехід на адресу 02 першої зони пам'яті

При увімкненні живлення мікроконтролера після зкидання значення “БА” встановлюється рівним 0.

Якщо обсяг керуючої програми займає декілька зон пам’яті, при її складанні необхідно здійснити зміни базової адреси програми.

3.1.7. Команди керування лічильниками здійснюють операції очищення, інкременту і порівняння над шістнадцятьма лічильниками, вміст яких може змінюватись в межах від 0 до F.

3.1.7.1. Величиною “N0” в полі операнду цих команд задається номер лічильника від 0 до F. Наприклад, команда з кодом 0C0A здійснює інкремент лічильника A, а команда з кодом 0D02 здійснює обнулення лічильника 2.

Величиною “1” в полі операнду команди порівняння лічильника задається величина від 0 до F, з якою зрівнюється вміст лічильника з номером, заданим величиною “N0”.

У випадку співпадання “БУ” зберігає попереднє значення, в протилежному випадку – обнуляється. Наприклад, командою з кодом 0E3F здійснюється порівняння вмісту лічильника F з трійкою.

3.1.7.2. Здопомогою нескладної програми можна організувати лічильник ємністю більше 15. Наприклад, послідовність команд, наведена в таблиці 11 забезпечує рахунок до 48 (30 в шістнадцятковій системі) використовуючи послідовне вмикання двох лічильників з номером 0 і 1.

3.1.7.3. Лічильники можуть використовуватись не тільки як накопичувачі, але і служити регістровою пам’яттю обсягом в 16 біт з послідовним занесенням інформації.

В прикладі, наведеному в табл. 12 лічильник 0 служить для запам’ятовування стану входу 00, який використовується в команді за адресою 0A0.

Таблиця 11.

Адреса команди	Формат команди		Зміст
	код операції	операнд	
000	0	01	Обнулення лічильників за номерами 1 і 0
001	0	00	
002	00	00	Значення лічильника з номером 0 збільшується на 1
003	0E	00	Вміст лічильника з номером 0 збільшується на 1
004	0B	02	Якщо лічильник не заповнився, перехід на адресу 002
005	0C	01	Значення лічильника з номером 1 збільшується на 1
006	0E	31	Вміст лічильника з номером 1 порівнюється з трійкою
007	0B	01	Якщо вміст лічильника 1 не рівний 3, здійснюється перехід на адресу 001
008	08	00	Зупинка

Таблиця 12.

Адреса команди	Формат команди		Зміст
	код операції	операнд	
000	04	00	Перевірка входу 00 на наявність сигналу
001	0	00	Обнулення лічильника 0
002	0A	04	Якщо “БУ”=1, то перехід на адресу 004
003	09	05	Безумовний перехід на адресу 005
004	0C	00	Вміст лічильника збільшується на 1
.
.
.
0A0	0E	10	Порівняння вмісту лічильника 03 з “1”
0A1	0A	A3	Якщо “БУ”=1, то перехід на адресу 0A3
0A2	08	00	Зупинка
0A3	06	01	Виключити вихід 1 модуля виводу 0
.

3.2. Редагування програми.

Необхідність в редагуванні керуючої програми може виникнути при виправленні помилок, допущених при вводі керуючої програми, а також знайдених в результаті її відладки.

Найбільш часто зустрічаються при редагуванні програм операції пов’язані із вставкою і виключенням з програми однієї або декількох команд. Для того, щоб вставити команду в керуючу програму, використовується команда “РЕД”, в полі операнду якої задається адреса, по якій необхідно розмістити команду, що вводиться. Виконання команди “РЕД” здійснюється в режимі “Ручний”. Результатом дії цієї команди є зміщення частини керуючої програми, яка починається з адреси, що коректується і закінчується командою, що передує коду “НОП”, на один крок в бік збільшення “СК”. На задану в команді “РЕД” адресу автоматично записується команда “НОП”. Ця ж команда, що обмежує зверху зону частини керуючої програми яка зсувається, виключається. Її пошук в процесі виконання команди “РЕД” проходить в обсязі всіх адрес ЕНЗП.

Якщо необхідно вставити декілька команд, то команда “РЕД” повторюється відповідну кількість разів.

Для запису на вказаному кроці потрібного коду команди переведіть мікроконтролер в режим “Ввід програми” і введіть код команди, що вставляється.

Якщо необхідно відредагувати частину програми, яка знаходиться в іншій зоні ЕНЗП, виконайте перед редагуванням команду “БАП”, задавши в ній потрібний номер зони. Наприклад, щоб вставити в керуючу програму команду 051F на адресу 05A і команду 0800 на адресу 105, необхідно виконати наступні операції:

- 1) натисніть кнопку “СБР” (мікроконтролер знаходиться в режимі

“Ручний”, “СК” і “БА” рівні нулю);

- 2) виконайте команду “РЕД” з кодом 145А;
- 3) включіть режим “Введення програми” (на дисплеї в полі адреса відобразиться код 05А).
- 4) введіть код 051F;
- 5) включіть режим “Ручний”;
- 6) виконайте команду “БАП” з кодом 0F01;
- 7) виконайте команду “РЕД” з кодом 1405;
- 8) включіть режим “Введення програми” (на дисплеї появиться в полі адреса код 105);
- 9) введіть код 0800;
- 10) включіть режим “Перегляд програми”, перевірте правильність внесених змін.

Якщо з програми, яка редагується необхідно виключити команду, запишіть замість неї команду “НОП”. Для цього в режимі “Ручний” виконайте команду “БУП” на адрес, який коректується, змінивши при необхідності перед цим значення “БА”. Включіть режим “Ввід програми” і введіть код 0000.

Щоб, наприклад, виключити команди з адрес 0F1 і 2A5 виконайте наступні операції:

- 1) натисніть кнопку “СБР” (мікроконтролер знаходиться в режимі “Ручний”);
- 2) виконайте команду “БУП” з кодом 09F1;
- 3) включіть режим “Введення програми”;
- 4) введіть код 0000
- 5) включіть режим “Ручний”;
- 6) виконайте команду “БАП” з кодом 0F02;
- 7) виконайте команду “БУП” з кодом 09A5;
- 8) включіть режим “Введення програми”;
- 9) введіть код 000;
- 10) в режимі “Перегляд програми” перевірити правильність внесення змін.

3.3. Контроль програми.

Контроль програми здійснюється для її ідентифікації і часткової перевірки правильності набору і збереження виконавчої програми в ППЗП і керуючої програми в ЕНЗП.

По команді “КСП” в режимі “Ручний” утворюється двійкова сума частин “N3”, “N2”, “N1”, “N0” кодів команд програми, записаних в сторінці пам’яті з вказаним номером.

Пам’ять мікроконтролера з нульової адреси по 2047 містить виконавчу програму і розбита на 8 сторінок з номерами 0...7.

В полі операнда команди “КСП” задається номер сторінки, контрольну суму якої необхідно визначити.

Для визначення контрольної суми кодів програми, записаної на сторінці з номером М (де М приймає значення від 00 до 0F) пам’яті мікроконтролера, включіть режим “Ручний” і введіть код команди “КСП” 15М.

На дисплеї в полі адреси відобразиться номер сторінки, а в полі коду операції і операнда – контрольна сума.

Натисніть будь-яку інформаційну клавішу, дисплей погасне, мікроконтролер готовий до виконання нової команди.

Наприклад, для визначення контрольної суми нульової сторінки пам'яті виконайте наступні операції:

- 1) включіть режим роботи “Ручний”;
- 2) наберіть код 1500 (підрахована контрольна сума відобразиться на дисплеї);
- 3) натисніть будь-яку інформаційну клавішу (дисплей гасне, виконання команди закінчено).

Треба мати на увазі, що цей вид контролю повної впевненості в правильності програми не дає. Для точності необхідно в режимі “Перегляд програми” звірити коди команд, записані в ЕНЗП, з текстом керуючої програми.

4. Порядок виконання роботи

1. Вивчити принцип дії і конструктивні особливості системи циклового програмного керування МКП-1.

2. Візуально освоїти систему керування МКП-1. Оглянути пульт керування. Точно знати функціональне призначення кожної клавіші, покази табло пульта управління та світлодіодів.

Відзвітуватися перед викладачем в знаннях функціонального призначення керуючих органів пульта керування системи МКП-1.

3. Практично вивчити всі режими роботи системи керування, освоїти методику програмування, контролю та редагування керуючої програми.

4. Для структурно-компонувальної схеми ГАД, розробленої в лабораторній роботі № 6, спроектувати структурну схему системи керування на базі програмованих мікроконтролерів МКП-1, підбираючи з табл. 1 необхідні типи центрального мікроконтролера та мікроконтролерів для керування окремими одиницями (комплексами) технологічного обладнання.

5. Використовуючи алгоритм та циклограму функціонування ГАД з лабораторної роботи № 6, скласти текст керуючої програми для центрального мікроконтролера. Програма повинна бути оформлена у вигляді таблиці.

6. Розробити алгоритм і циклограму роботи окремої одиниці (комплексу) технологічного обладнання ГАД. Скласти текст керуючої програми для мікроконтролера, що керуватиме цією одиницею (комплексом) технологічного обладнання.

7. Оформити звіт по роботі.

5. Структура звіту по лабораторній роботі

1. Назва і мета роботи.
2. Компонувальна схема ГАД.
3. Алгоритм і циклограма роботи ГАД.
4. Структурна схема системи керування ГАД на базі програмованих мікроконтролерів МКП-1.
5. Текст керуючої програми для центрального мікроконтролера складений відповідно до алгоритму і циклограми роботи ГАД.
6. Алгоритм і циклограма роботи окремої одиниці (комплексу) технологічного обладнання ГАД та текст керуючої програми для мікроконтролера, що керуватиме цією одиницею (комплексом) обладнання.
7. Аналіз результатів роботи і висновки.

6. Контрольні запитання

1. Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління: Підручник / Л.С. Ямпольський [та ін.]. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 680 с.
2. Микроконтролер программированный МКП-1. – Могилев: Областная типография им. Свердлова, 1987. – 110 с.
3. Проць Я.І., Савків В.Б., Шкодзінський О.К., Ляшук О.Л. Автоматизація виробничих процесів. Тернопіль: Видавництво ТНТУ. 2011, 338 с. Лист про надання грифу МОН № 1-11 від 18.10.2011.
4. Chatraei A. Optimal Control of Robot Manipulators. / A. Chatraei, D.M.I.V. ZAda. – 2011.
5. Siciliano B. Springer Handbook of Robotics / B. Siciliano, O. Khatib. – Berlin : Springer, 2008. – P. 1631.
6. Михайлишин Р. І. Optimization of bernoulli gripping device's orientation under the process of manipulations along direct trajectory / Р.І. Михайлишин, Я. І. Проць, В.Б. Савків // Вісник ТНТУ. – Тернопіль, 2016. – Том 81. – №1. – С. 107 – 117.
7. Energy efficiency analysis of the manipulation process by the industrial objects with the use of Bernoulli gripping devices / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, M. Mykhailyshyn // Journal of Electrical Engineering. – 2017. – №68(6), P. 496 – 502.
8. Orientation Modeling of Bernoulli Gripper Device with Off-Centered Masses of the Manipulating Object / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, O. Fendo, M. Mykhailyshyn // Procedia Engineering. – 2017. – №187, P. 264 – 271.
9. Justification of Design and Parameters of Bernoulli-Vacuum Gripping Device / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, O. Fendo // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2017. – № 14(6), DOI: 1729881417741740.
10. Experimental Research of the Manipulation Process by the Objects Using

- Bernoulli Gripping Devices / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, M. Mikhalishin, F. Duchon // In Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering, International IEEE Conference. – Lviv, 2017. – P. 8 – 11.
11. Механізація та автоматизація навантажувально-розвантажувальних робіт: Навчальний посібник, Ч.1: Транспортні та навантажувально-розвантажувальні засоби / За заг. ред. С.Л. Литвиненка .-К.: Кондор, 2016 .- 208 с.
 12. Modeling of Bernoulli gripping device orientation when manipulating objects along the arc. / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, M. Mikhalishin, F. Duchon // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2018. – № 15(2), DOI: 1729881418762670.
 13. Substantiation of Bernoulli Grippers Parameters at Non-Contact Transportation of Objects with a Displaced Center of Mass / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, F. Duchon, P. Maruschak, O. Prentkovskis // 22nd International Scientific Conference Transport Means 2018. – Klaipeda, 2018. – P. 1370 – 1375.
 14. Gasdynamic analysis of the Bernoulli grippers interaction with the surface of flat objects with displacement of the center of mass / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon // Vacuum. – 2018. – DOI: 10.1016/j.vacuum.2018.11.005.
 15. Murray R.M. A mathematical introduction to robotic manipulation / R.M. Murray, Z. Li, S.S. Sastry // CRC press. – 1994. – P. 456.
 16. Зенкевич С.Л. Основы управления манипуляционными роботами / С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко // Основы управления манипуляционными роботами. 2-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 480 с.
 17. Козырев Ю.Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов / Ю. Г. Козырев. – Москва: КНОРУС, 2010. – 312 с.
 18. Проць Я.І. Захоплювальні пристрої промислових роботів: навчальний посібник / Я.І. Проць – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя, 2008. – 232 с.