

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ Й НАУКИ УКРАЇНИ

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

---

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до виконання лабораторних і розрахунково-графічних робіт**  
**з курсу “ АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**  
**І МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ”**

Донецьк “ДонНТУ” 2003

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ Й НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних і розрахунково-графічних робіт  
з курсу “АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ  
І МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА”

РОЗГЛЯНУТО:  
на засіданні кафедри  
електротехніки  
Протокол N 2  
від 13.11.2003р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:  
на засіданні  
навчально-видавничої  
ради ДонНТУ  
Протокол №10  
від 24.11.2003р.

## УДК 621.3

Методичні вказівки до виконання лабораторних і розрахунково-графічних робіт з курсу “Автоматизація технологічних процесів і мікропроцесорна техніка” (для студентів неелектротехнічних спеціальностей).

**/С. С. Багдасарян, Н. Л. Тютюнник. Донецьк: ДонНТУ, 2003**

Є частиною комплексу методичних матеріалів, розроблених кафедрою електротехніки ДонНТУ. Містять в собі вказівки до підготовки і проведення лабораторних робіт з формами звітів, а також вихідні данні та методичні вказівки що до виконання домашніх розрахунково-графічних робіт.

Наведені матеріали охоплюють в цілому практичну частину курсу “Автоматизація технологічних процесів і мікропроцесорна техніка” згідно до учбових планів студентів неелектротехнічних спеціальностей.

У розробці методичних вказівок (оформлення рисунків) приймала участь студентка гр. ТП-03з Мірошниченко Н.М.

Укладачі: С. С. Багдасарян, доцент  
Н. Л. Тютюнник, ст.викл.

Відп. за випуск С. С. Багдасарян, доцент

Рецензент: Є. Б. Ковальов, проф.

# Лабораторна робота № 1

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАГРІВАЛЬНОЇ ПЕЧІ ЯК ОБ'ЄКТА РЕГУЛЮВАННЯ

**Мета роботи** - вивчення нагрівальної печі для термообробки як об'єкта системи автоматичного керування.

### Домашня підготовка

- вивчити матеріали лекції по основам програмування;
- вивчити за /1/. Можна вивчити ці питання за іншими навчальним посібниками;
- вивчити це керівництво;
- підготувати бланк звіту про роботу.

### Ознайомлення з об'єктом дослідження

Лабораторна робота виконується на лабораторному стенді. Схема установки, що досліджується, наведена на рис. 1 бланку звіту. В якості об'єкту, що досліджується, використовується електропіч для термообробки типу СУОЛ-0, 15-1, 4/12 з нагрівачем на 220 В. Піч підключається до мережі пониженої напруги через комплект вимірювальних приладів, наявний на стенді. Вимір температури всередині печі здійснюється за допомогою термопар хромель-алюмель (ХА) і мілівольтметра типу М502.

### Порядок виконання роботи

#### 1. Дослідження процесів нагрівання і охолодження печі.

1.1. Зібрати схему за рис. 1 у бланку звіту, акуратно встановити термопару всередину печі таким чином, щоб її «холодні» кінці були усунені від печі на максимальну відстань. Підключити термопару слід до затискачів «44, 84 мВ» приладу. При цьому повне відхилення стрілки буде відповідати напрузі 45 мВ. Визначити ціну поділки шкали приладу у цьому випадку. Підготувати годинник з секундною стрілкою для проведення вимірів.

1.2. Ввімкнути живлення (після перевірки схеми викладачем). Виконати вимірювання термоЕРС через означені у табл. 2 інтервали часу, записати результати до табл. 2 бланку звіту.

Під час проведення вимірів записати до табл. 1 значення напруги, струму і потужності, що споживаються піччю.

1.3. Згодом 26 хв. вимкнути піч, виконати вимірювання під час охолодження печі через аналогічні інтервали часу (результати занести до табл. 2 бланку звіту).

### Оформлення звіту

1. За результатами вимірів для кожного випадку визначити відносну температуру у печі, для чого використати наведену у додатку 3 градуйовану таблицю для термопар типу ХА. Результати занести у два останні стовпчики табл. 2 бланку звіту.

**ЗВІТ**  
**про лабораторну роботу 1**  
**“Дослідження нагрівальної печі як об'єкта регулювання”**

Група	П.І.Б. студента	Дата	Підпис викладача.

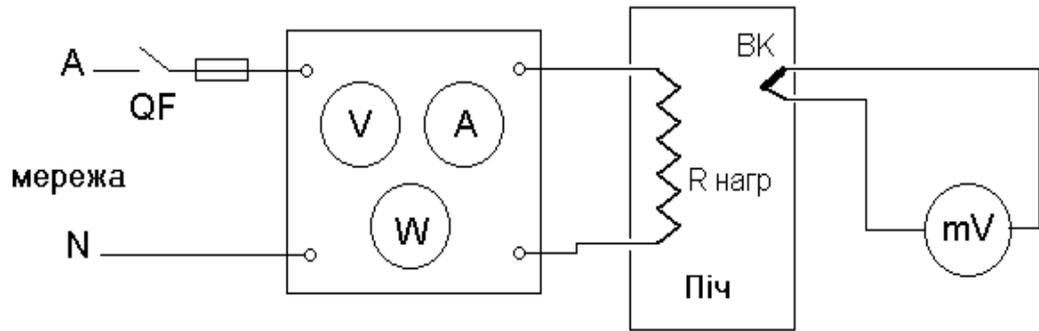


Рис. 1 - Схема установки, що досліджується

Таблиця 1

Електричні параметри нагрівальної печі

Параметр	Напруга, В	Струм, А	Потужність, Вт
Номинальний режим	220		
Режим, що досліджується			

Таблиця 2

Параметри перехідних процесів нагрівання і охолодження печі

Час		ТермоЕРС E, мВ		Перегрів $\theta$ , °С	
Хв: сек	сек	Нагрівання	Охолодження	Нагрівання	Охолодження
00: 10					
00: 20					
00: 30					
00: 40					
00: 50					
01: 00					
01: 20					
01: 40					
02: 00					
03: 00					
04: 00					
05: 00					

Час		ТермоЕРС E, мВ		Перегрів $\theta$ , °С	
Хв: сек	сек	Нагрівання	Охолодження	Нагрівання	Охолодження
06: 00					
07: 00					
08: 00					
09: 00					
10: 00					
12: 00					
14: 00					
16: 00					
18: 00					
20: 00					
22: 00					
24: 00					
26: 00					

Таблиця 3

Розрахункові параметри печі як об'єкту регулювання

Коефіцієнт передавання K, °С/Вт	Постійна часу T, сек	Температура, що встановилася, при завданих параметрах		Температура у печі згодом заданий час	
		Потужність, Вт	Температура $t_{вст}$ , °С	Час, сек	Температура $t$ , °С
0 (охолодження)		0	0		

**Відповіді на питання:**

1. Дайте стислу характеристику печі як об'єкту регулювання.

2. Від яких параметрів залежать значення температури, що встановилася, в печі і час її досягнення?

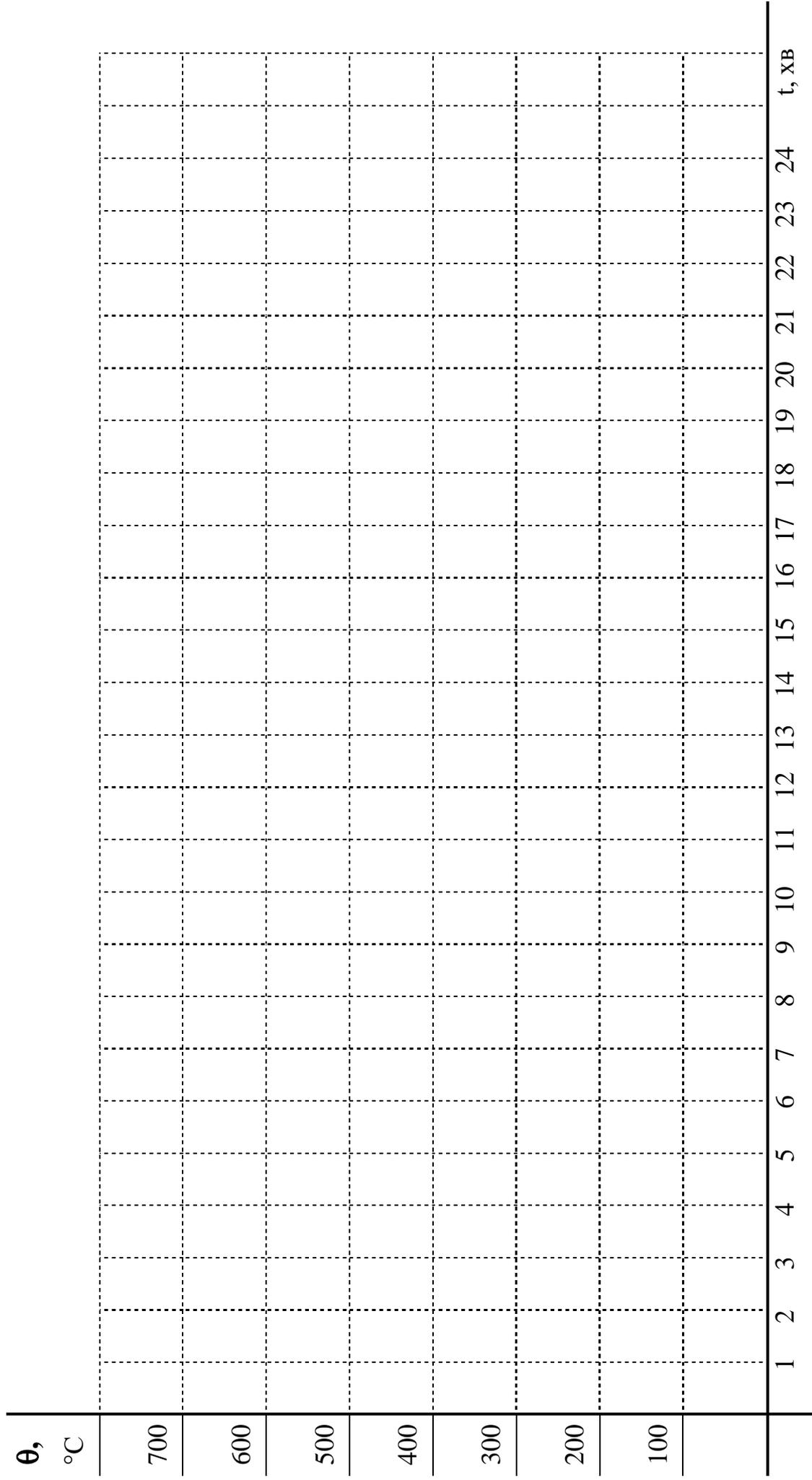


Рис. 2 – Крива нагрівання печі (крива розгону)

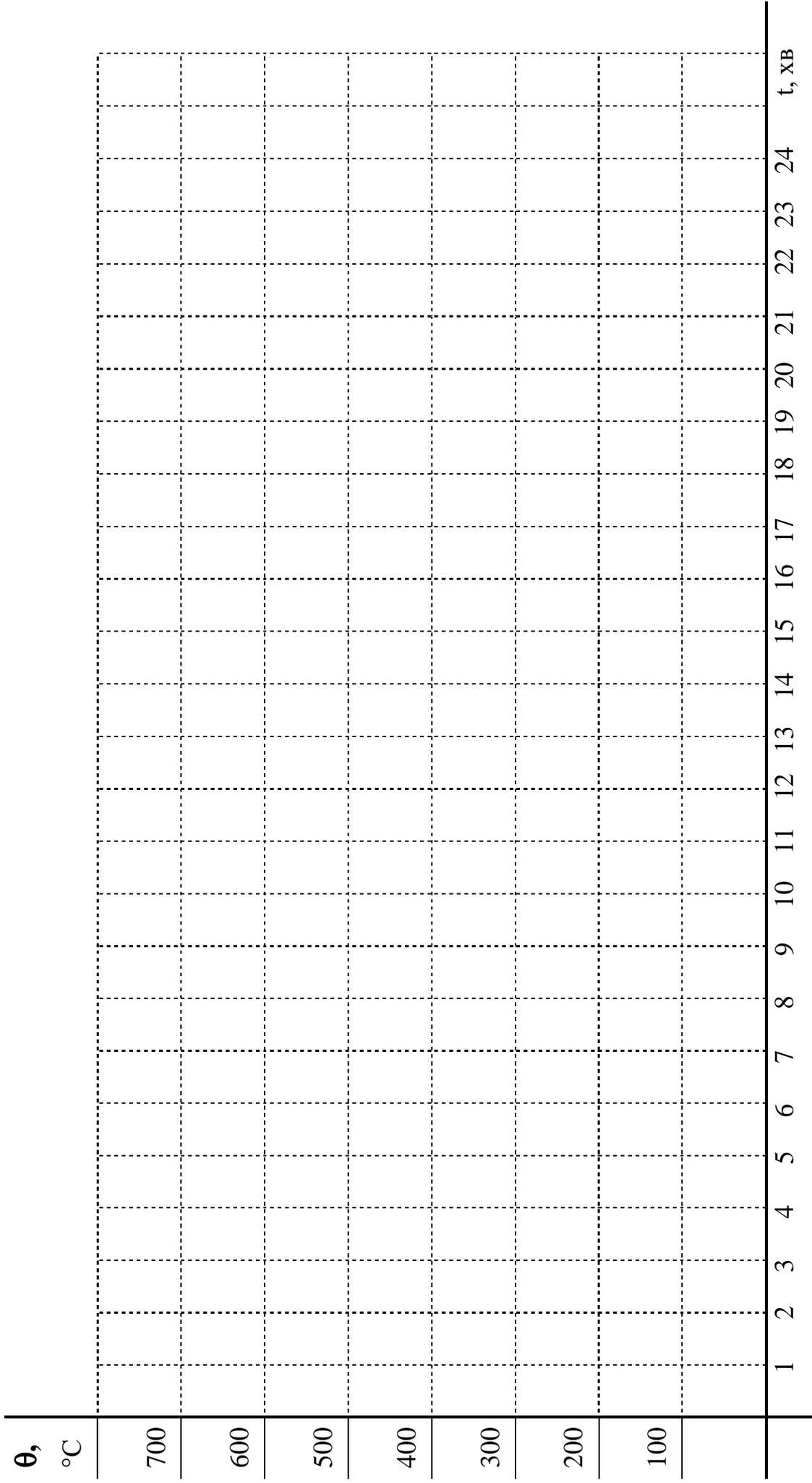


Рис. 3 – Крива охолодження печі

2. Побудувати криві нагрівання і охолодження печі (рис. 2 і 3 бланку звіту).
3. Визначити час запізнення і постійні часу печі для нагрівання і охолодження за кривими засобом дотичної. Прийняти значення температури, що встановилася, при нагріванні більшим на 5% значення, що отримане в кінці вимірів нагрівання (вимір «26 хв.»), а при охолодженні – рівним нулю.
4. Визначити приблизний статичний коефіцієнт передавання печі для даних умов як відношення значення температури, що встановилася, до потужності, що споживається. Результати розрахунків за п.п. 3 і 4 занести до табл. 3. У відповіді на питання 1 записати у чисельному вигляді залежність  $\theta=f(P; t)$ .
5. Для завданих умов визначити значення температури, що встановилася, і температуру у печі згодом заданий час після ввімкнення:

Прийняти

$$P_{\text{печі}}=1000 - 30 \times n, \text{ Вт,}$$

$$T_{\text{ввімк.}}=0,75 \times n, \text{ хв.,}$$

де  $n$  – номер за списком у журналі. Температуру навколишнього середовища прийняти рівною  $20^{\circ}\text{C}$ .

6. Письмово відповісти на питання 1 і 2 у бланку звіту.

7. Визначити уточнені параметри печі за наступною методикою:

7.1. Провести на графіку кривої нагрівання прямі, паралельні осі абсцис на рівні 0,1 і 0,85 від значення температури, що встановилось, визначити заздалегідь ці значення:

$$\theta_1 = 0,1 \times \theta_{\text{вст}}; \theta_2 = 0,85 \times \theta_{\text{вст.}}$$

7.2. Знаходимо за кривою нагрівання час  $\tau_1$  і  $\tau_2$ , який відповідає досягненню величин  $\theta_1$  і  $\theta_2$ .

7.3. Визначити час запізнення і постійну нагрівання за виразами:

$$\tau_{\text{об}} = \frac{\tau_2 \times \ln(0,9) - \tau_1 \times \ln(0,15)}{\ln(0,9) - \ln(0,15)}$$

$$T_{\text{об}} = \left| \frac{\tau_2 - \tau_{\text{об}}}{\ln(0,15)} \right|$$

8. Порівняти значення, які отримані засобом дотичної і при уточненому розрахунку, і зробити висновок.

## **Лабораторна робота № 2**

### **ВИВЧЕННЯ СТРУКТУРИ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ І ПРИНЦИПІВ ЇЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ**

**Мета роботи** – вивчення структури мікропроцесора, ознайомлення з його функціонуванням, принципи роботи пам'яті мікропроцесорної системи.

#### **Домашня підготовка**

- вивчити матеріали лекції з основ програмування;
- вивчити за /4/ пп. 1.2, 1.3 або за /5/ п.3.1.а. Можна вивчити ці питання за іншими навчальним посібниками;
- вивчити це керівництво;
- підготувати бланк звіту про роботу.

#### **Ознайомлення з об'єктом дослідження**

Лабораторна робота виконується на спеціальній навчальній мікроЕОМ “Мікролаб КР580ИК80”. Структурна схема цієї мікроЕОМ наведена на рис. 1.1. Вона включає до себе наступні основні блоки:

- мікропроцесор (МП);
- тактовий генератор імпульсів синхронізації (ТГ);
- постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП);
- оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП);
- пристрій введення-виведення (ПВВ);
- дисплей і світлодіодні індикатори;
- клавіатура.

Блоки мікроЕОМ з'єднуються між собою трьома шинами: даних, адреси і керування.

Шина – це група провідників, що зв'язують між собою всі прилади системи, які передають однотипні сигнали. Кількість провідників у шині визначається розрядністю інформації, що передається по ній. Адресна шина використовується для вибору комірки пам'яті або пристрій введення-виведення. Шина даних використовується для передачі даних. Керуюча шина призначена для передавання керуючих сигналів, ознак стану периферійного обладнання і процесора. Всі елементи мікропроцесорної лабораторії “Мікролаб КР580ИК80” розміщені на одній друкованій платі. Для кращої наочності місця розташування основних елементів на платі виділені зеленим кольором, шини – жовтим.

МП (що зветься також центральним процесором ЦП) є “мозком” системи. Він містить усю логіку для розпізнання і виконання списку команд (програми). МП КР580ИК80 виконує 111 машинних команд. Умовно команди розподіляються на п'ять груп:

- команди пересилання даних;
- арифметичні команди;
- логічні команди;
- команди переходів, виклик підпрограм і повернення з підпрограми;
- команди введення-виведення, керування і роботи зі стеком.

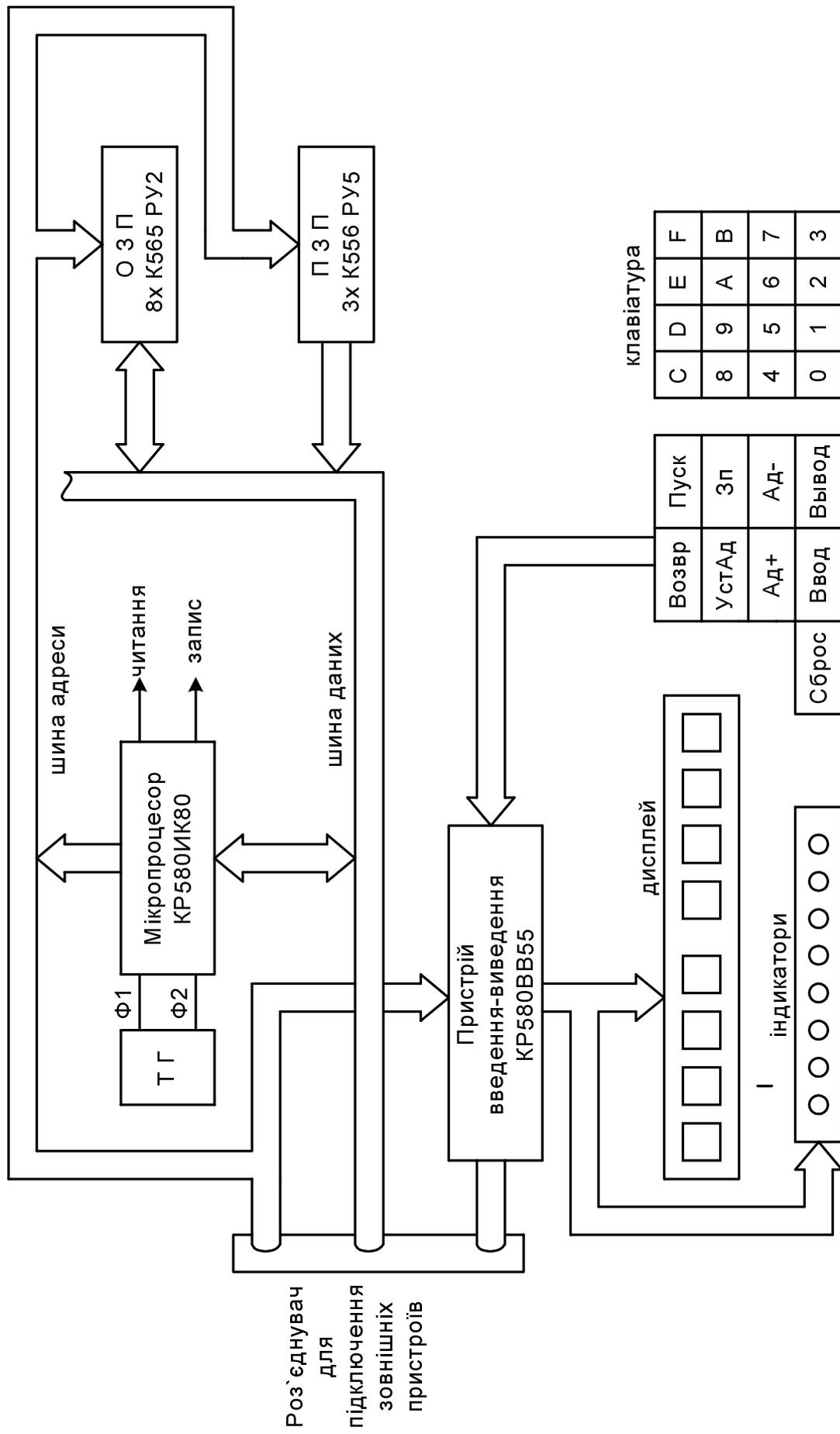


Рис. 1.1 - Структурна схема мікроЕОМ "Мікролаб КР580ИК80"

Перелік команд можна знайти в будь-якій книзі з поданих у переліку рекомендованих.

Тактовий генератор (ТГ) виробляє тактові імпульси, необхідні для синхронізації роботи процесора. Від частоти генератора залежить швидкість виконання команд процесором. Для процесора КР580ИК80 частота генератора не повинна перевищувати 2.5 МГц.

Пам'ять “Мікролаба” складається з двох частин: постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП) і оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП). ПЗП – це пам'ять, з якої можна тільки зчитати інформацію. Інформація запрограмована в ній ще при виготовленні або за допомогою спеціальної процедури програмування до встановлення її в схему. ПЗП “Мікролаба” містить три мікросхеми КР556РТ5. У двох з них заводом - виробником записана програма “Монітор”, яка призначена для керування “Мікролабом”. “Монітор” здійснює:

- введення і обробку інформації з клавіатури;
- вивід інформації на 8-ми розрядний дисплей;
- перегляд і зміну вмісту пам'яті;
- запуск програми користувача;
- організацію покрокового виконання програми.

До третьої мікросхеми користувач може записати свою програму. Ця мікросхема встановлюється на спеціальному роз'ємі. Мікросхеми ПЗП з програмою “Монітор” встановлені за адресами 0000 – 03FFH. ПЗП користувача – за адресами 0400 – 05FFH. Інформація, яка записана до ПЗП, зберігається при відключенні живлення ОЗП – це пам'ять, в якій дані можуть зберігатися і змінюватися. ОЗП втрачає інформацію при відключенні живлення. У “Мікролабі” під ОЗП відведені адреси 8000 – 83FFH.

Розподіл пам'яті “Мікролаба КР580ИК80” наведений у додатку 1.

У ролі пристрою введення-виведення (ПВВ) “Мікролаба” застосована мікросхема КР580ВВ55. Цей програмуємий паралельний інтерфейс (ППІ) являє собою однокристальний пристрій введення-виведення паралельної інформації. Ця мікросхема дозволяє організувати обмін інформацією між процесором і різноманітними периферійними пристроями через три порта введення-виведення розрядністю 8 біт кожний. Ці порти можуть бути запрограмовані на введення або на виведення інформації спеціальним керуючим словом, що записується до ППІ мікропроцесором.

За допомогою клавіатури можна вводити програми, подавати команди для керування роботою мікроЕОМ. Для цього використовуються 9 командних клавіш:

- **СБРОС** – скидання (для встановлення мікроЕОМ у первісний стан). При натисканні на цю клавішу на всіх індикаторах дисплею індикується цифра 0. При цьому програма, яка записана до ОЗП, зберігається.
- **АД+** - приріст адреси на 1 і зчитування даних з пам'яті за цією адресою.

- **АД** - зменшення адреси на 1 і зчитування даних з пам'яті за цією адресою.
- **УСТ. АД** – встановлення необхідної адреси і зчитування даних із пам'яті за цією адресою.
- **ЗП** – запис даних за означеною адресою до пам'яті і приріст адреси на 1.
- **ПУСК** – запуск програми з індицуючого на дисплеї адреси.
- **ВОЗВР** – повернення до виконання програми, зупиненою клавішею **СБРОС**.
- **ВЫВОД** – виведення даних з пам'яті на зовнішній магнітофон.
- **ВВОД** – введення даних із зовнішнього магнітофону.

Окрім командних клавіш на клавіатурі є 16 клавіш, що дозволяють вводити будь-які шістнадцятирічні числа від 00H до 0FH.

Для візуального спостереження за внутрішнім станом мікроЕОМ служить дисплей. На восьми його індикаторах індицуються вхідні дані, адреси пам'яті, дані пам'яті, вміст регістрів ЦП, прапори станів у відповідності з операціями клавіатури.

До одного з портів виводу підключені вісім світлодіодних індикаторів. Якщо запрограмувати ППІ певним чином, то можна виводити дані на ці світлодіодні індикатори.

До складу мікроЕОМ входить гучномовець, також підключений через ППІ. Склавши певним чином програму, можна “змусити” гучномовець звучати. Окрім плати мікроЕОМ до “Мікролаб” входить блок живлення, що знаходиться під цією платою. Блок живлення забезпечує мікроЕОМ необхідними напругами.

Порядок вмикання “Мікролаба”:

1. Підключити шнур живлення до мережі. Вимикач мережі на боковій панелі повинен знаходитися у вимкнутому стані.
2. Встановити перемикач режиму роботи у положення АВТ.
3. Ввімкнути тумблер ВКЛ на боковій панелі.
4. Натиснути кнопку **СБРОС**. На восьми індикаторах дисплею повинні висвітлюватись нулі.

“Мікролаб” готовий до роботи.

### **Порядок виконання роботи**

#### **1. Ознайомитися з будовою і елементною базою мікроЕОМ “Мікролаб КР580ИК80”.**

1.1. Знайти на платі мікроЕОМ основні елементи структури системи і заповнити табл.1 бланку звіту. У стовпчику “Стислі характеристики” вказати основні параметри пристроїв, які використовуються у цій мікроЕОМ. Засвоїти порядок вмикання і вимикання МП.

#### **2. Перегляд і зміна вмісту пам'яті.**

2.1. Отримати у викладача адресу початку області ПЗП, яку треба подивитись.

ЗВІТ  
про лабораторну роботу № 2  
“Вивчення структури мікропроцесорної системи і принципів її  
функціонування”

Група	ПІБ студента	Дата	Підпис викладача

1. Вивчення лабораторної установки

Рис. 1 - Структурна схема “Мікролаба КР580ИК80”

**Відповідь на питання:**

1. *Перерахувати основні блоки, з яких складається мікроЕОМ.*

Таблиця 1

№	Найменування елемента	Тип устаткування у мікроЕОМ, яка вивчається	Стисла характеристика

## 2. Перегляд і зміна вмісту пам'яті

Таблиця 2

Адреса										
Вміст комірки пам'яті										

### Відповідь на питання:

2. *Які можливості запису даних у ПЗП і ОЗП?*

2.1.1. Набрати на клавіатурі початкову адресу області, що перевіряється, і натиснути кнопку **УСТ. АД**. Чотири лівих цифри дисплею показують адресу, що щойно ввели, а дві крайні праві цифри показують дані, що зберігаються в пам'яті за цією адресою. Адреси і дані, які висвітлюються на дисплеї, подані в шістнадцятирічному коді.

2.1.2. Натиснути кнопку **АД+**. На лівих індикаторах дисплею буде спостерігатися приріст адреси, а на двох крайніх правих індикаторах висвітлиться вміст наступної комірки пам'яті. Багаторазовим натисканням кнопки **АД+**, необхідно продивитись і виписати до звіту вміст області пам'яті, що перевіряється (табл.2 звіту).

2.1.3. Натисканням кнопки **АД-**, можна продивитись вміст пам'яті у зворотному порядку. При цьому на лівих індикаторах дисплею відбувається зменшення адреси на 1, а на двох крайніх правих індикаторах висвітлиться вміст комірки пам'яті, яка відповідає цій адресі.

2.2. Запис даних у пам'ять "Мікролаба".

2.2.1. Запис даних в ОЗП.

- набрати на клавіатурі адресу 8000 і натиснути **УСТ. АД**;
- натиснути кнопки **F**, **F**, **ЗП**, тобто спробувати записати число 0FFH до комірки пам'яті за адресою 8000H. Відбувся приріст адреси і на лівих індикаторах бачимо адресу 8001. На двох крайніх правих індикаторах тепер видно вміст комірки за адресою 8001, а те, що було записано до комірки за адресою 8000, зсунулося на два індикатора ліворуч;

- натиснути кнопки **C**, **З**, **ЗП**, тобто спробувати записати число 0C3H за адресою 8001H;

- записати у наступну комірку за адресою 8002H число 11H, а у комірку за адресою 8003H – 80H;

- натисканням на кнопку **АД-**, перевірити: записалась чи ні інформація, яку ви вводили.

2.2.2. Запис даних у ПЗП.

Запис даних у ПЗП зробити у відповідності до п.2.2.1 за адресами 0000H-0003H (область ПЗП). Перевірити, відбулась чи ні зміна вмісту комірок.

### **Оформлення звіту**

Відповісти письмово на питання:

3. *Перерахувати основні блоки, з яких складається мікроЕОМ.*
4. *Які можливості запису даних у ПЗП і ОЗП?*

## **Лабораторна робота № 3**

### **СКЛАДАННЯ ПРОГРАМ ДЛЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ**

**Мета роботи** – вивчення основ програмування на мові Асемблера і машинних кодів мікропроцесора КР580ИК80.

#### **Домашня підготовка**

- вивчити матеріали лекції з основ програмування;
- вивчити за /4/ пп. 1.2, 1.3 або за /3/ п.3.1.а. Можна вивчити ці питання за іншими навчальним посібниками;
- вивчити це керівництво;
- підготувати бланк звіту про роботу.

#### **Ознайомлення з алгоритмом програми**

У цій роботі необхідно скласти програму, у результаті виконання якої повинна загорітися задана комбінація світлодіодів. Спочатку складається блок-схема програми, яка містить у собі блок ініціалізації, блок виконання заданих операцій і блок останову (закінчення програми). Блок-схема наведена на рис.1 бланку звіту.

Потім складається текст програми. Машинна мова – єдина мова, яка безпосередньо сприймається МП, але вимагається багато часу для оволодіння єю. За звичаєм програми пишуться на мові Асемблер, а після цього транслюються в машинні коди. У “Мікролаб” вводяться програми тільки на машинній мові. Для машинних кодів використовується шістнадцятирічне подання. Система команд Асемблера і машинних кодів мікропроцесора КР580ИК80 наведена у додатку 2.

Програма, як і будь-яка програма користувача, повинна розміщуватись у ОЗП (в цій мікроЕОМ адреса початку 8000Н).

#### **Порядок виконання роботи**

1. Отримати від викладача завдання на необхідну комбінацію загорання світлодіодів. Перевести двійковий код, що відповідає завданій комбінації, у його шістнадцятирічне значення і записати до таблиці 1 бланку звіту.
2. Написати текст програми на мові Асемблер з коментарями за наведеною блок-схемою на рис.1 бланку звіту. Занести текст програми до таблиці 2 бланку звіту.
3. Відтранслювати програму в машинні коди. Записати програму в кодах до таблиці 2 бланку звіту.
4. Перевірити працездатність програми, для чого записати її в ОЗП і запустити на виконання.

**ЗВІТ**  
**про лабораторну роботу № 3**  
**“Складання програм для мікропроцесорних систем”**

Група	ПІБ студента	Дата	Підпис викладача



Рис. 1 – Блок-схема програми, що розробляється

Таблиця 1

Світлодіоди	1	2	3	4	5	6	7	8
Двійкове представлення								
Шістнадцятирічне представлення								

Таблиця 2

Адреса	Машинний код	Команда на Асемблері	Коментар

**Відповідь на питання:**

*1. Яка мова програмування використовується в даній мікроЕОМ?*

Для запуску програми необхідно набрати початкову адресу програми, натиснути кнопки **УСТ. АД** і **ПУСК**. Якщо світлодіоди загорілись у потрібній комбінації, тоді програма написана, відтрансльована і записана у пам'яті МП правильно (0 - світлодіод не горить, 1 - світлодіод горить).

### Оформлення звіту

Відповісти письмово на питання:

2. Яка мова програмування використовується в даній мікроЕОМ?

### Лабораторна робота №4

## ОСНОВИ ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНЫХ СИСТЕМ

**Мета роботи** – вивчення основ програмування на мові Асемблера і машинних кодів мікропроцесора КР580ИК80, придбання навичок укладання простих програм і їхнього налагодження.

### Домашня підготовка

- вивчити матеріали лекції по основам програмування;
- вивчити за /4/ пп. 1.2, 1.3 або за /3/ п.3.1.а. Можна вивчити ці питання за іншими навчальним посібниками;
- вивчити це керівництво;
- підготувати бланк звіту про роботу.

### Ознайомлення з алгоритмом програми

В даній лабораторній роботі на прикладі розв'язання порівняно простої задачі (арифметичні дії множення і віднімання двох чисел з виведенням на дисплей результатів) вивчаються основні прийоми укладання програм на мові Асемблера. Окрім того, розглядаються основні етапи процесу розробки і налагодження програм стосовно до мікроЕОМ “Мікролаб”.

На рис.1.2 зображена блок-схема алгоритму програми, що розробляється.

В блоках 1, 2, 3 в регістри МП заносяться числові дані: в акумулятор А – 0 (нуль), в 3 – перший співмножник R1, в В – другий співмножник R2. Операцію множення замінюємо операцією додавання (блок 4) необхідною кількістю раз (ця кількість визначається другим співмножником R2 (блоки 5,6)).

В ПЗП “Мікролаб” записана підпрограма, яка здійснює відображення шістнадцятирічного числа на індикатори. Щоб скористуватися цією підпрограмою, необхідно заздалегідь занести числа, що виводяться, в комірки пам'яті 83F4H...83F7H. Кожний байт з цих комірок відповідає парі індикаторів (рахуємо зліва):

- 83F4 – 1-ий, 2-ий індикатори;
- 83F5 – 3-ий, 4-ий індикатори;
- 83F6 – 5-ий, 6-ий індикатори;
- 83F7 – 7-ий, 8-ий індикатори.

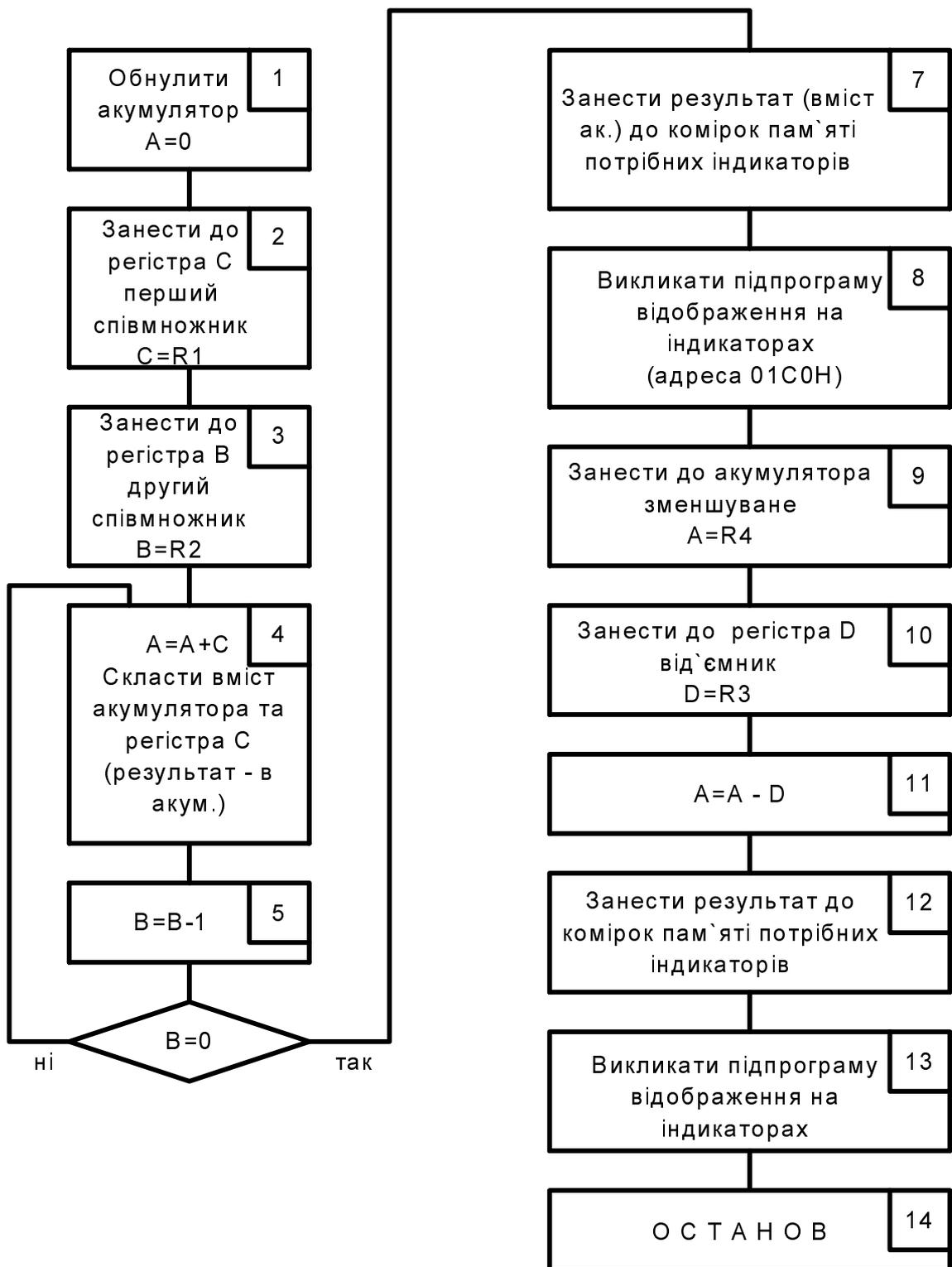


Рис. 1.2 - Блок-схема алгоритму програми обчислювань

**ЗВІТ**  
**про лабораторну роботу № 4**  
**“Основи програмування мікропроцесорних систем”**

Група	П.І.Б. студента	Дата	Підпис викладача

Таблиця 1

Вхідні дані і результати

	R1	R2	R3	R4	R2*R1	R4-R3
Десяткове значення						
Шістнадцятирічне значення						

Таблиця 2

Таблиця індикаторів, що використовуються

	Номери індикаторів	Адреса
Індикатори для відображення добутку		
Індикатори для відображення різниці		

Рис. 1 - Блок-схема програми, що розробляється

Таблиця 3

Лістинг програми розрахунку і виведення  
результатів на індикацію

Адреса	Машинний код	Мітки	Команди на Асемблері	Коментар

По закінченню множення заносимо результат обчислень, що знаходиться в акумуляторі, в комірку пам'яті, що відповідає потрібним індикаторам, на яких хочемо отримати результат множення (блок 7). В блоку 8 виводимо його на індикацію, для чого звертаємось до підпрограми відображення. Адреса цієї підпрограми – 01C0H.

Після цього виконуємо операцію віднімання. Для цього вхідні дані R4 (зменшуване) і R3 (від'ємник) заносимо в регістри A, D відповідно (блоки 9,10). В блоку 11 одержуємо різницю (результат в акумуляторі). Для виведення на індикацію результат необхідно занести до комірки пам'яті, що відповідає потрібним індикаторам (блок 12). В блоку 13 здійснюється відображення різниці на необхідні індикатори (аналогічно блоку 8). По закінченню обчислень відбувається зупинення МП.

За даним алгоритмом необхідно написати програму на Асемблері. При цьому можна скористуватися наступними командами:

блоки 1, 2, 3, 9, 10	– MVI R, D8
блок 4	– ADD R
блок 5	– DCR R
блок 6	– JNZ A16
блоки 7, 12	– STA A16
блоки 8, 13	– CALL A16
блок 11	– SUB R
блок 14	– HLT

де R – регістри МП (A, B, C, D, E, H, L);  
D8 – восьмирозрядна константа (1 байт);  
A16 – шістнадцятирозрядна адреса (2 байта).

Для налагодження програм в “Мікролабі” передбачений покроковий режим роботи (з зупинкою після виконання кожної машинної команди). Для цього використовується перемикач “ШАГ-АВТ”. Для роботи в покроковому режимі він повинен бути у положенні “ШАГ”. При цьому на перших чотирьох індикаторах (рахуємо зліва) з'являється адреса наступної команди. На 5-ому і 6-му індикаторах відображається вміст акумулятора. На 7-ому і 8-ому – вміст регістру ознак. Працюючи в покроковому режимі, можна проконтролювати роботу програми, знайти помилки програмування. Слід врахувати, що в цьому режимі зупинка здійснюється після повного виконання команди, тобто приріст адреси відповідає кількості байт у команді (наприклад, команда MVI R, D8 викликає приріст адреси на дві одиниці).

### **Порядок виконання роботи**

1. Отримати у викладача десяткові значення R1, R2, R3, R4, а також номери індикаторів, на які необхідно вивести результати розрахунку. Отримані вхідні дані занести до табл. 1 і 2 бланку звіту.
2. Перевести десяткові значення R1, R2, R3, R4 у шістнадцятирічні, записати їх у табл. 1 бланку звіту. За номерами індикаторів, означених викладачем, вибрати відповідні адреси комірок пам'яті, у яких повинні знаходитися

- результати розрахунку у разі звертання до підпрограми виведення на індикацію. Записати адреси цих комірок до табл. 2 бланку звіту.
3. У відповідності з блок-схемою (рис. 1) і табл. 1 і 2 написати текст програми на мові Асемблера, внести її в табл. 3 бланку звіту.
  4. Після перевірки тексту програми викладачем, перекласти її в машинні коди (відтранслювати) з початкової адреси 8000H. Таблиця кодів наведена на верхній кришці “Мікролаба” або у додатку 2.
  5. Ввести коди програми у ОЗП “Мікролаба” з адреси 8000H.
  6. Перевірити правильність набору програми, користуючись клавішами  , .
  7. Встановити перемикач “ШАГ-АВТ” у положення “ШАГ”, проконтролювати роботу частини програми у покроковому режимі (10 – 12 кроків). Переконалися у тому, що відбувається періодичне повторення ряду команд у відповідності до алгоритму, що описуються блоками 4, 5, 6 блок-схеми.
  8. Натиснути кнопку . Встановити адресу 8000H. Встановити перемикач “ШАГ-АВТ” у положення “АВТ”, запустити програму на виконання, для чого натиснути кнопку . Результати роботи програми записати в табл. 1 бланку звіту. Відключити “Мікролаб”.

## **Лабораторна робота № 5** **ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ (САК)** **ТЕМПЕРАТУРОЮ НАГРІВАЛЬНОЇ ПЕЧІ З МІКРОПРОЦЕСОРНИМ** **ТЕРМОРЕГУЛЯТОРОМ**

**Мета роботи** – вивчення структурної схеми мікропроцесорного терморегулятора і функціонування його основних вузлів, а також перехідного процесу регулювання температури з таким регулятором.

### **Домашня підготовка**

- вивчити матеріали лекції по основам програмування;
- вивчити за /1/. Можна вивчити ці питання за іншими навчальним посібниками;
- вивчити це керівництво;
- підготувати бланк звіту про роботу.

### **Ознайомлення з об’єктом дослідження**

Лабораторна робота виконується на лабораторному стенді. Структурна схема мікропроцесорного терморегулятора наведена на рис. 1 бланку звіту. Регулятор є двоканальним, у даній роботі використовується тільки один канал. Слід відзначити, що даний терморегулятор призначений для об’єктів обробки пластмас, тому верхня межа температури дорівнює 340°C. Через це температура у печі встановлюється 200 - 240°C. У ролі об’єкту, що

досліджується, використовується електропіч для термообробки типу СУОЛ-0, 15-1, 4/12 з нагрівачем на 220 В. Піч підключається до мережі через симисторний комутатор, що керується терморегулятором. Вимірювання температури всередині печі здійснюється за допомогою промислової термопари хромель-алюмель (ХА), яка підключена до терморегулятора.

### **Порядок виконання роботи**

#### **1. Дослідження процесів нагрівання і охолодження печі.**

1.1. Зібрати схему за рис. 1 у бланку звіту, акуратно встановити термопару всередину печі таким чином, щоб її «холодні» кінці були усунені від печі на максимальну відстань. Вивчити будову терморегулятора, визначити за допомогою викладача місцезнаходження і призначення окремих вузлів. Зіставити знайдені вузли зі структурною схемою. Стислий опис роботи терморегулятора наведений у додатку 4. Підготувати годинник з секундною стрілкою для проведення вимірів.

1.2. Ввімкнути живлення терморегулятора. Індикатор підключеного каналу покаже значення температури навколишнього середовища (тобто термопара не нагріта), а індикатор непрацюючого - повідомлення «обр» - обрив термопари. Встановити задане значення температури підключеного каналу (методика роботи з терморегулятором пояснюється викладачем) 240 °С.

1.3. Ввімкнути живлення печі (після перевірки схеми викладачем). Виконати вимірювання часу досягнення температури через означені у табл. 2 інтервали, записати результати до табл. 2 бланку звіту.

1.4. Після досягнення заданого значення температури (240°С) зафіксувати максимальне значення температури (перерегулювання) і час його досягнення. Далі записати до таблиці процес входу в режим, що встановився – декілька (3 – 4) періодів коливань температури. Результати записувати до табл. 2 бланку звіту.

### **Оформлення звіту**

1. Занести до табл. 1 параметри печі за результатами лабораторної роботи № 1.
2. Побудувати криву нагрівання печі на рис. 2 бланку звіту за даними табл. 2.

Письмово відповісти на питання:

1. *Опишіть стисло призначення основних вузлів терморегулятора.*
2. *Визначити основні показники якості перехідного процесу регулювання температури (характер процесу, статичну помилку, перерегулювання, час регулювання).*
3. *Стисло опишіть взаємозв'язок показників якості процесу регулювання від параметрів об'єкту і регулятора.*



Таблиця 2

## Параметри перехідного процесу регулювання температури

	t, °C	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
T,	хв: сек										
	сек										
	t, °C	220	240								
T,	хв: сек										
	сек										
	t, °C										
T,	хв: сек										
	сек										

**Відповіді на питання:**

2. *Визначити основні показники якості перехідного процесу регулювання температури (характер процесу, статичну помилку, перерегулювання, час регулювання).*

3. *Стисло опишіть взаємозв'язок показників якості процесу регулювання від параметрів об'єкту і регулятора.*

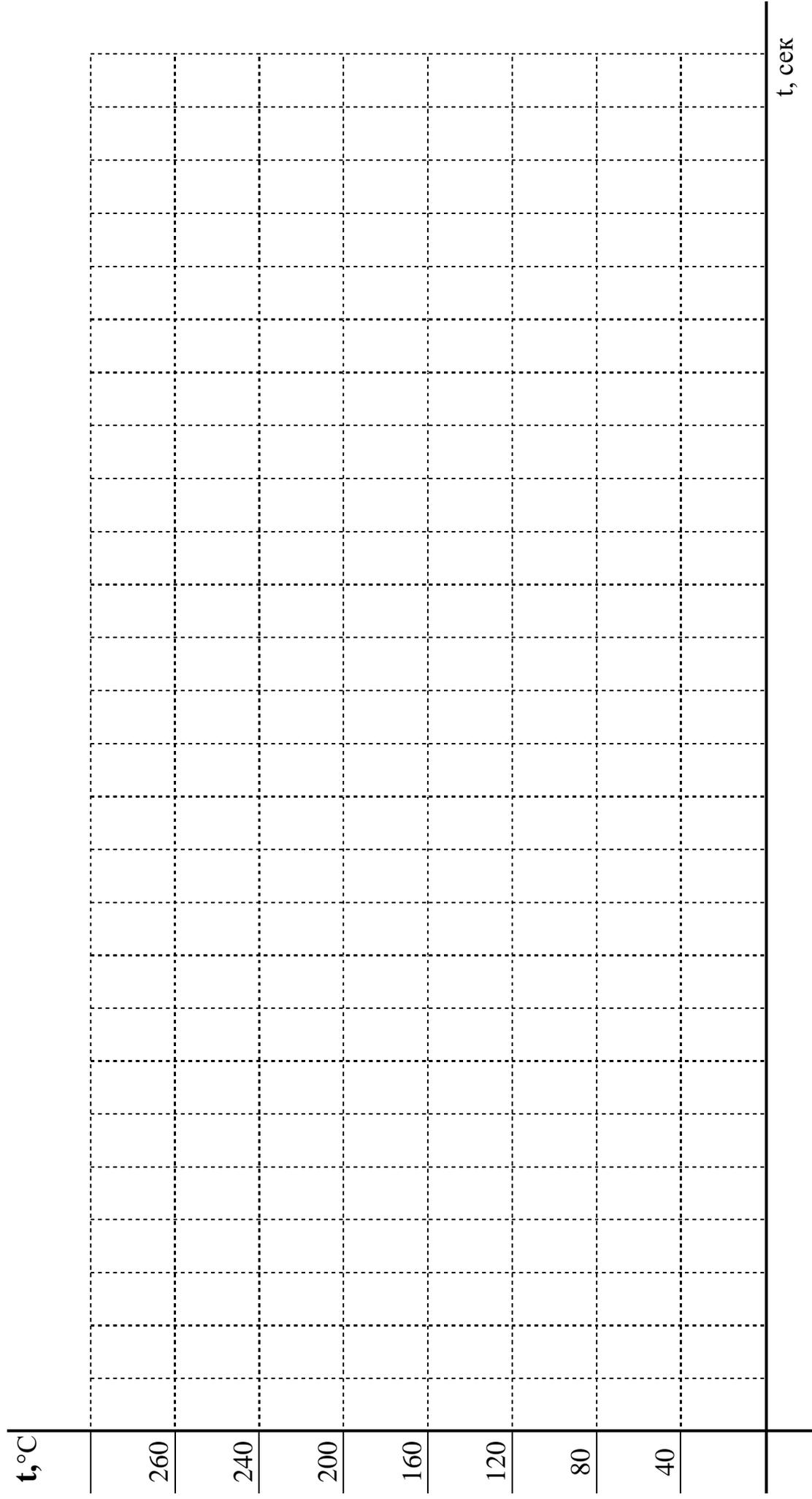


Рис. 2 – Крива процесу регулювання температури

## Розрахунково-графічна робота № 1

### РОЗРАХУНОК ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ В САК НАГРІВАЛЬНОЇ ПЕЧІ З ПОЗИЦІЙНИМ РЕГУЛЯТОРОМ ТЕМПЕРАТУРИ

#### 1. Завдання

Для регулювання і підтримання температури в нагрівальній печі (аперіодична ланка першого порядку з запізненням) застосований двохпозиційний регулятор, що керує силовим комутатором електричного нагрівача. Для свого варіанту вхідних даних (табл. 1.1) виконати:

1. Накреслити принципово-структурну схему керування піччю, застосувавши у ролі вузла регулятора компаратор із позитивним зворотним зв'язком на операційному підсилювачі, а в ланцюзі зворотного зв'язку – термопару заданого типу з нормуючим підсилювачем.
2. Знайти потужність нагрівача, взявши коефіцієнт запасу  $K_z=1,5$ .
3. Розрахувати параметри нормуючого підсилювача використавши для непарних варіантів інвертувальний підсилювач, а для парних – неінвертувальний. Знайти величину керуючої напруги, що подається на вхід регулятора.
4. Розрахувати параметри вузла регулятора за заданою величиною гістерезиса.
5. Накреслити криві нагрівання (розгону) і охолодження печі при підключенні її до мережі без регулятора.
6. На графіку кривої нагрівання (розгону) побудувати перехідний процес регулювання температури (3 цикли) з урахуванням запізнення об'єкту, а також показати режим роботи регулятора.
7. Зробити висновки про властивості САК з позиційним регулятором.

#### 2. Методичні вказівки до виконання роботи

1. Приклад принципово-структурної схеми керування піччю наведений на рис. 1.3.

Задане значення температури визначається напругою –  $U_{кер}$ , що знімається з движка потенціометра  $RP1$ . Ця напруга порівнюється з напругою зворотного зв'язку  $U_{звз}$ , що формується термопарою, яка розташована в зоні нагрівання, і нормуючим підсилювачем. Позиційний регулятор на операційному підсилювачі  $DA$  виконаний з позитивним зворотним зв'язком, що забезпечує необхідний гістерезис характеристики переключення. Регулятор керування силовим тиристорним комутатором  $СК$  включений в ланцюг нагрівача.

2. Потужність нагрівача можна знайти, якщо знати коефіцієнт передавання об'єкту  $K$  і задане значення температури  $\theta, ^\circ C$  з урахуванням коефіцієнта запасу (вважаємо піч лінійним об'єктом).

Таблиця 1.1

Вхідні дані для розрахунку

№ вар	Параметри об'єкту				θ, °С	2ε, °С	Тип термопар
	Коеф. передавання К, °С/Вт	Постійні часу		Час запізнення τ, сек			
		Нагрівання Т <sub>нагр</sub> , сек	Охолодження Т <sub>охол</sub> , сек				
1	0.25	250	220	5	800	20	ПР
2	0.30	350	240	10	700	15	ХА
3	0.35	200	280	6	600	10	ХА
4	0.40	300	320	15	500	18	ХК
5	0.45	150	360	9	400	14	ХК
6	0.50	100	120	4	300	8	ЗК
7	0.55	400	160	12	250	5	ЗК
8	0.60	140	230	8	850	24	ПР
9	0.65	180	270	14	750	28	ХА
10	0.70	220	310	7	650	16	ХА
11	0.75	240	370	13	550	10	ХК
12	0.80	280	250	11	450	18	ХК
13	0.85	320	350	5	350	14	МК
14	0.90	360	200	10	900	8	ХА
15	0.95	120	300	6	950	5	ПР
16	1.00	160	150	15	1000	30	ПР
17	1.05	230	100	9	280	6	МК
18	0.20	270	400	4	320	10	ЖК
19	0.15	310	140	12	420	18	ХК
20	0.10	370	180	8	780	14	ХА
21	0.25	250	200	14	800	8	ПР
22	0.30	350	300	7	700	5	ХА
23	0.35	200	150	13	600	20	ХК
24	0.40	300	100	11	500	15	ХК
25	0.45	150	400	5	400	10	ХК
26	0.50	100	140	10	300	18	ЗК
27	0.55	400	180	6	250	14	МК
28	0.60	140	220	15	850	8	ПР
29	0.65	180	240	9	750	5	ХА
30	0.70	220	280	4	650	24	ЗК
31	0.75	240	320	12	550	28	ХК
32	0.80	280	360	8	450	16	ХК
33	0.85	320	120	14	350	20	МК
34	0.90	360	160	7	900	6	ПР
35	0.95	120	230	13	950	10	ПР
36	1.00	160	270	11	1000	18	ПР
37	1.05	230	310	5	280	14	МК
38	0.20	270	370	6	320	8	ЗК
39	0.15	310	250	8	420	5	ХК
40	0.10	370	350	10	780	15	ХА

Таблиця 1.2

Приблизні параметри термопар, що застосовуються

Тип термопар	Платіна-родій (ПР)	Хромель-алюмель (ХА)	Хромель-копель (ХК)	Залізо-константан (ЗК)	Мідь-константан (МК)
Коефіцієнт Сібєка Sb, мкВ/°С	11,7	41	70	53	45

3. У ролі нормуючого підсилювача в залежності від варіанту застосований інвертувальний або неінвертувальний підсилювач на базі ОП (рис.1.4):

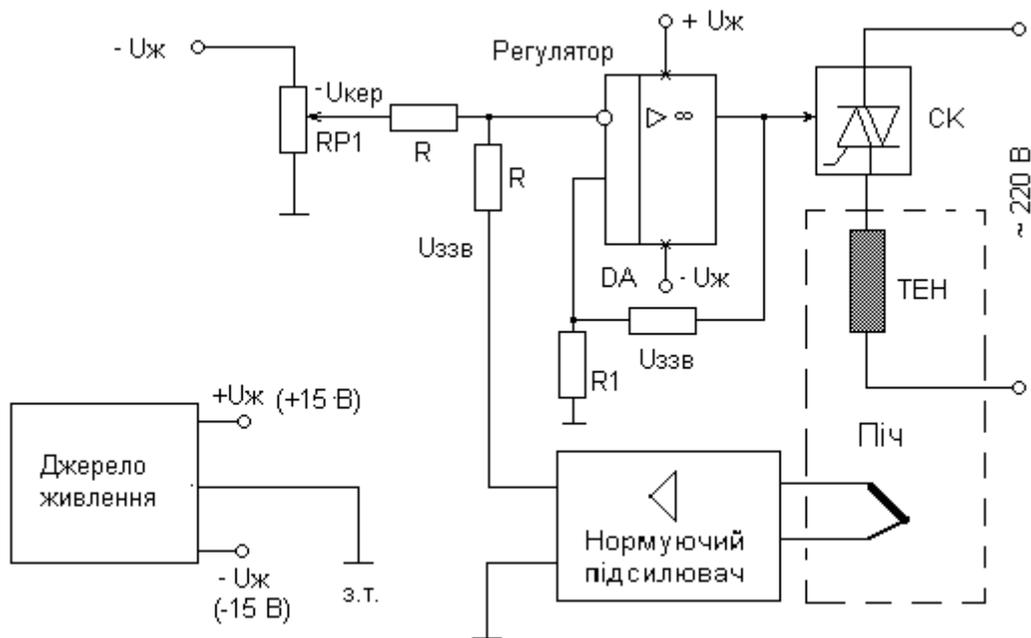
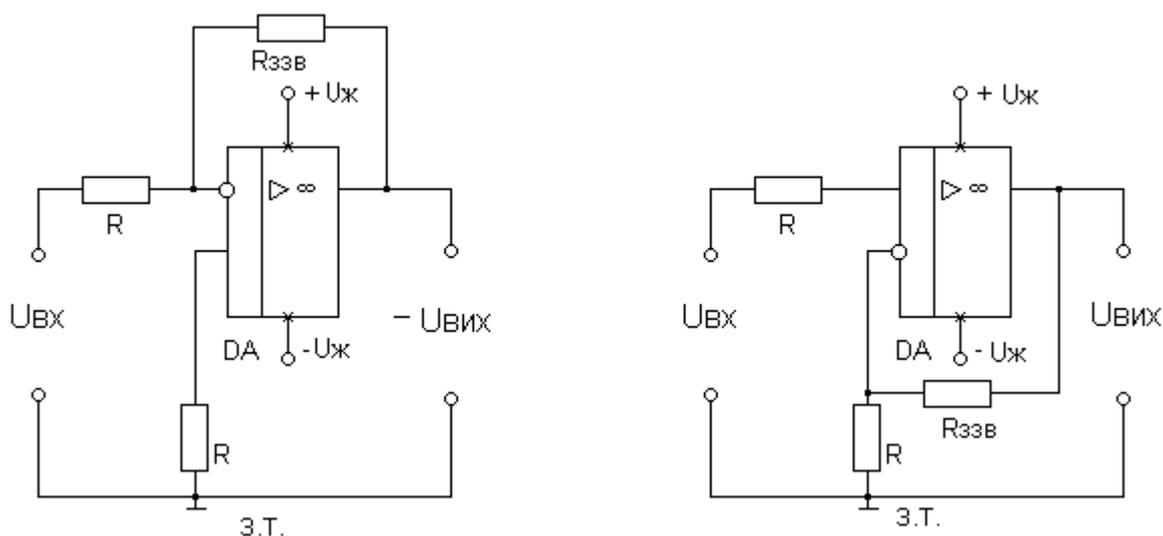


Рис. 1.3 – Структурна схема САК нагріванням печі.



а) інвертувальний підсилювач

б) неінвертувальний підсилювач

Рис. 1.4 – Приклади побудови нормуючих підсилювачів.

Як відомо, коефіцієнти підсилювачів визначаються виразами:

Інвертувальний підсилювач:  $K_u = -R_{зв3}/R$ ;

Неінвертувальний підсилювач:  $K_u = 1 + R_{зв3}/R$ .

Спочатку слід задатися масштабом напруг сигналів завдання і зворотного зв'язку. При напрузі живлення підсилювачів  $\pm 15$  В номінальна напруга керування  $U_{керном}$  приймається  $\pm 10$  В. Знаючи задане значення  $\theta$  і прийняв запас щодо температури  $\theta_{зап}$  рівним 15 – 25%, можна знайти масштаб сигналів  $m_u = U_{керном}/(\theta + \theta_{зап})$ . Далі визначаємо необхідний коефіцієнт підсилення

нормуючого підсилювача,  $K_y = m_y/S_b$ , де  $S_b$  – коефіцієнт Сібека (питома термоЕРС) даного типу термопари у необхідному діапазоні температур. Приблизні значення коефіцієнта Сібека наведені у табл. 1.2. Після цього знаходяться опори  $R$  і  $R_{звз}$ , значення яких повинні бути у наступних межах:

$$R=1\dots 10 \text{ кОм}, R_{звз}=100\dots 1000 \text{ кОм}.$$

Величина напруги завдання, що встановлюється потенціометром  $RP_1$ , визначається за заданим значенням  $\theta$  і масштабу сигналів  $m_y$ .

4. Розрахунок параметрів регулятора ведемо на основі співвідношення для величини гістерезиса застосованої схеми регулятора (рис. 1.3):  $U_{гист} = U_{жив} * R_1 / (R_1 + R_{звз})$ . Для цього спочатку визначаємо напругу гістерезиса  $U_{гист} = m_y / \epsilon$ , потім задаємо значення резистора  $R_1$  у межах 100 – 1000 Ом і знаходимо значення резистора  $R_{звз}$ .

5. Криві нагрівання і охолодження будемо за відомими співвідношеннями, вважаючи об'єкт аперіодичною ланкою без запізнення. При цьому в формулу для визначення  $\theta_{вст}$  підставляємо значення визначеної у п. 2 потужності нагрівача.

6. На криву нагрівання наносимо горизонтальну лінію на рівні заданого значення  $\theta$  і лінії на рівні  $\theta + \epsilon$  і  $\theta - \epsilon$ . Для врахування запізнення початок протилежної зміни температури при перевмиканнях регулятора зміщуємо відносно точок перетину експонент з лініями  $\theta + \epsilon$  і  $\theta - \epsilon$  на час  $\tau$ . Під кривою регулювання температури наносимо діаграму роботи регулятора у довільному місці графіка і у довільному масштабі.

## Розрахунково-графічна робота № 2

### СИНТЕЗ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

#### 1. Завдання

Для автоматичного програмного керування деяким технологічним процесом застосована мікроЕОМ, структурна схема якої наведена на рис. 2.1. Вона містить у собі мікропроцесор (МП) D1 (КР580ВМ80А), тактовий генератор, дешифратор адрес D2 4\*16 (КР1533ИД3), ПЗП 2К\*8 D3 (К573РФ2), ОЗП 2К\*8 D4 (КР537РУ10), паралельний інтерфейс введення-виведення РРІ D5 (КР580ВВ55) і послідовний інтерфейс D6 (КР580ВВ51) для обміну інформацією з ЕОМ верхнього рівня. З метою спрощення структури інтерфейсні ВІС містяться в адресному просторі комірок пам'яті МП, що дозволяє використовувати для звернень до них всі команди обміну з пам'яттю.

Керування технологічним процесом здійснюється через інтерфейс D5 за наступним алгоритмом:

1.1. При подаванні сигналу ПУСК ( $\Pi=1$ ) через відповідний розряд РРІ (вибирається у відповідності з варіантом завдання) необхідно ввімкнути технологічні об'єкти 1 і 2 за допомогою виконавчих приладів ВП1 і ВП2, які також підключені до РРІ у відповідності з варіантом завдання. Порядок ввімкнення і час затримки наведені у табл. 2.1.

1.2. При подачі сигналу СТОП ( $\Pi=0$ ) відключити ВП1 і ВП2 в означеному порядку.

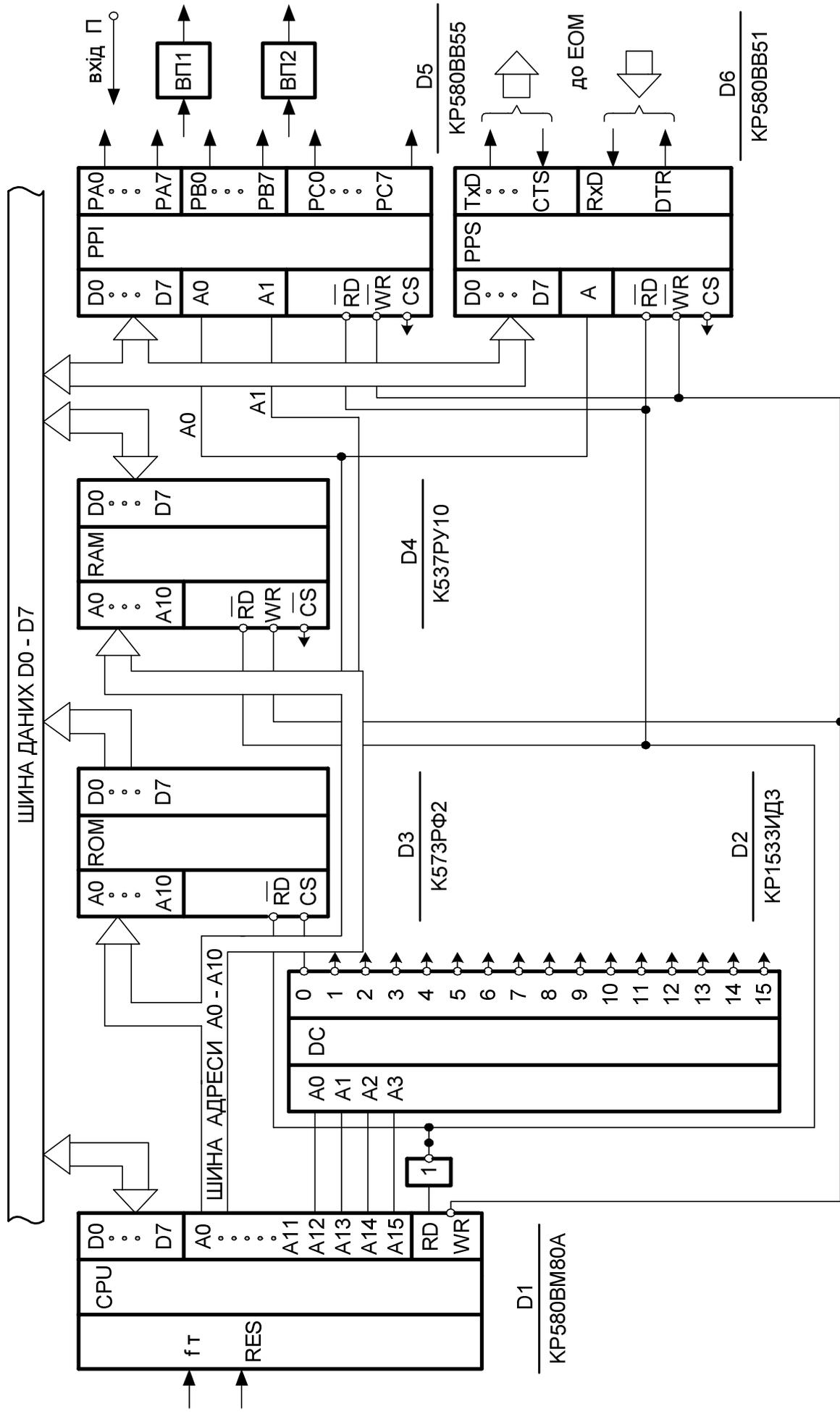


Рис.2.1 -Структурна схема мікроЕОМ

Таблиця 2.1

№ вар	Поч. адреса ОЗП, Hex	Поч. адреса RPI	Поч. адреса PPS	Ввімкнення		Вимикання		Вхід П	ВП1	ВП2	Адреса старту програми	Слово
				черговість	загримка	черговість	загримка					
1	1000	3000	6000	1→2	1.0	1→2	10.0	PA0	PB7	PC0	0000	STOP
2	2000	4000	8000	2→1	2.0	2→1	1.8	PA1	PB6	PC1	0010	END
3	3000	5000	A000	1→2	3.0	2→1	1.4	PA2	PB5	PC2	0020	ALARM
4	4000	6000	C000	2→1	4.0	1→2	6.2	PA3	PB4	PC3	0030	BREAK
5	5000	7000	E000	1→2	5.0	1→2	4.4	PA4	PB3	PC4	0040	СТОП
6	6000	8000	F000	2→1	6.0	2→1	9.2	PA5	PB2	PC5	0050	КОНЕЦ
7	7000	9000	D000	1→2	7.0	2→1	5.6	PA6	PB1	PC6	0060	АВАРИЯ
8	8000	A000	B000	2→1	8.0	1→2	8.6	PA7	PB0	PC7	0070	ГОТОВ
9	9000	B000	7000	1→2	7.6	1→2	3.8	PB0	PC7	PA0	0080	READY
10	A000	C000	5000	2→1	6.4	2→1	7.2	PB1	PC6	PA1	0090	STOP
11	B000	D000	4000	1→2	5.8	2→1	3.4	PB2	PC5	PA2	00A0	END
12	C000	E000	3000	2→1	3.4	1→2	2.8	PB3	PC4	PA3	00B0	ALARM
13	D000	F000	2000	1→2	2.8	1→2	3.6	PB4	PC3	PA4	00C0	BREAK
14	E000	D000	1000	2→1	3.6	2→1	5.8	PB5	PC2	PA5	00D0	СТОП
15	F000	C000	8000	1→2	7.2	2→1	6.4	PB6	PC1	PA6	00E0	КОНЕЦ
16	3000	B000	A000	2→1	3.8	1→2	7.6	PB7	PC0	PA7	00F0	АВАРИЯ
17	5000	A000	2000	1→2	8.6	1→2	8.0	PC0	PA7	PB0	0100	ГОТОВ
18	7000	4000	3000	2→1	5.6	2→1	7.0	PC1	PA6	PB1	0110	READY
19	E000	5000	4000	1→2	9.2	2→1	6.0	PC2	PA5	PB2	0120	STOP
20	D000	6000	C000	2→1	4.4	1→2	5.0	PC3	PA4	PB3	0130	END
21	F000	7000	1000	1→2	6.2	1→2	4.0	PC4	PA3	PB4	0140	ALARM
22	1000	8000	B000	2→1	1.4	2→1	3.0	PC5	PA2	PB5	0150	BREAK
23	2000	F000	5000	1→2	1.8	2→1	2.0	PC6	PA1	PB6	0160	СТОП
24	4000	E000	7000	2→1	10.0	1→2	1.0	PC7	PA0	PB7	0170	КОНЕЦ

1.3. Повідомити про вимикання об'єктів ЕОМ верхнього рівня через інтерфейс D6 спеціальним заданим словом.

Програму керування технологічним процесом розмістити у ПЗП, починаючи з заданої адреси.

Програмне забезпечення, наявне у ПЗП, містить у собі підпрограми, інформація про які наведена у табл. 2.2.

## 2. Порядок виконання роботи

2.1. У відповідності зі схемою підключення дешифратора адрес D2 (рис. 2.1) розбити адресний простір (64 КБайт) на 16 областей, вказати відповідність виходів "0" - "15" дешифратора і початкових адрес областей. Визначити у відповідності з вашим варіантом, до яких виходів дешифратора повинні підключатись входи CS ІМС D4, D5 і D6.

2.2. Накреслити структурну схему мікроЕОМ у відповідності з вашим варіантом, підключити також вхід П і ВП1, ВП2 до відповідних розрядів порта D5.

2.3. Скласти блок-схему програми, що реалізує алгоритм керування, який описаний в п. 1.1. – 1.2. (п. 1.3 виконується за вказівкою викладача).

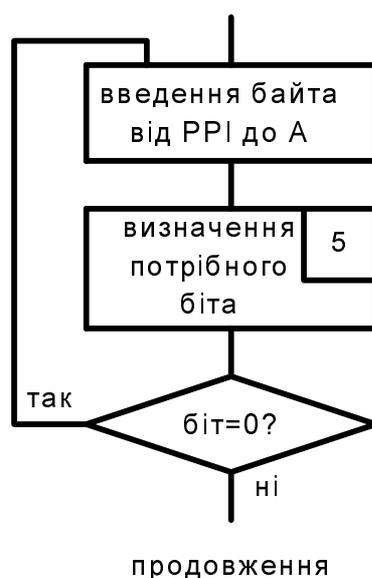
2.4. У відповідності з блок-схемою написати текст програми на Асемблері з коментарями (адреси переходів замінити мітками).

2.5. Відтранслювати заздалегідь перевірений викладачем текст програми у HEX-коди з заданої адреси.

## 3. Вказівки щодо виконання роботи

3.1. Укладання блок-схеми.

3.1.1. Аналіз сигналу ПУСК можна реалізувати наступним чином (для випадку П=1):



Для випадку П=0 перевіряється нерівність виділеного біту нулю.

3.1.2. Ввімкнення і вимикання ВП здійснюється виведенням через RPI байта, відповідний біт якого дорівнює, відповідно, одиниці або нулю.

3.1.3. Для реалізації заданої часової затримки за допомогою підпрограми TIME необхідно заздалегідь обчислити константу K, яка повинна бути розміщена у регістрі E мікропроцесора перед викликом підпрограми.

3.1.4. У кінці виконання програми повинно бути передбачене повернення на її початок.

### 3.2. Написання тексту програми на Асемблері

3.2.1. На початку програми необхідно виконати ряд попередніх операцій щодо ініціалізації мікроЕОМ:

а) запрограмувати ІМС D5, для чого здійснити запис у його регістр керуючого слова (RKC) відповідного слова (тобто байт), визначив спочатку адресу RKC і саме слово у відповідності з варіантом. Структура керуючого слова наведена, наприклад, у /6/. Відповідний фрагмент програми може мати вигляд:

```
MVI A, SLOVO  
STA RKC
```

б) через те, що у програмі є звернення до підпрограми, тому для збереження адреси повернення необхідно організувати стек командою

```
LXI SP, ENDRAM
```

де ENDRAM – адреса останньої комірки ОЗП.

3.2.2. Виділення потрібного біта при аналізі сигналу ПУСК можна здійснити двома засобами:

а) за допомогою операції логічного множення введеного байта на байт-маску, в якому всі біти, окрім того, що аналізується, дорівнюють нулю. Після цього перевіряється на нуль вміст акумулятора (результат множення):

```
LDA PORT  
ANI MASK  
JZ M1
```

де PORT – адреса відповідного порта,

MASK – маска (наприклад, якщо перевіряється третій розряд, MASK=00000100=04H),

M1 – адреса переходу, якщо П=0.

б) якщо перевіряється перший або восьмий розряди, доцільно скористуватися командою зсуву за наступним аналізом ознаки перенесення. Наприклад, якщо аналізується 1 розряд:

```
LDA PORT  
RRC ; зсув праворуч, при цьому молодший біт  
JNC M1 ; попадає до ознаки перенесення
```

3.2.3. Реалізація інших дій може бути здійснена застосуванням різноманітних команд завантаження і пересилання даних (додаток 2).

Таблиця 2.2

Ім'я підпрограми	Адреса виклику	Дія	Вхідні параметри
TIME	0600H	Затримка $t=0.2 *K, c$	Константа K – у реєстрі E мікропроцесора
BYTE	0700H	Передавання байта через послідовний порт	Байт, що передається – у реєстрі C мікропроцесора

**Додаток 1****Розподіл пам'яті “Мікролаба КР580ИК80”**

Адреса	ПЗП/ОЗП	Використання
0000 02FF	ПЗП	Область програми “Монітор”
0300 03FF	ПЗП	Додаткова область програми “Монітор”
0400 05FF	ПЗП	Область користувача
0600 7FFF	-	Область, яка не використовується
8000 8306	ОЗП	Область користувача
8307 83FF	ОЗП	Робоча область програми “Монітор”
8400 FFFF	-	Область, яка не використовується

## Додаток 2

Таблиця Д2.1

Скорочена система команд МП КР580ВМ80

№	Мнемоніка команди	Довжина команди, байт	Дія команди	Асемблер	Коди
<b>1. Група команд пересилання даних і завантаження регістрів</b>					
1.1	MOV R1,R2	1	Переслати вміст регістра R2 до регістру R1	MOV A,B	58
1.2	MVI R,D8	2	Завантажити у регістр R число D8	MVI A,47H	3E 47
1.3	LXI R16,D16	3	Завантажити у регістрову пару R16 двохбайтне число D16	LXI B,27B3H	01 B3 27
1.4	LDA A16	3	Завантажити у акумулятор (A) вміст комірки пам'яті за адресою A16	LDA 0A73FH	3A 3F A7
1.5	STA A16	3	Зберегти вміст A у комірки пам'яті за адресою A16	STA 01C7H	32 C7 01
1.6	IN A8	2	Завантажити у A число із зовнішнього пристрою за адресою A8	IN 0F7H	DB F7
1.7	OUT A8	2	Переслати вміст A до зовнішнього пристрою за адресою A8	OUT 0FAN	D3 FA
<b>2. Група команд арифметичних і логічних операцій</b>					
2.1	ADD R	1	Скласти вміст A і регістра R	ADD B	80
2.2	ADI D8	2	Скласти вміст A з числом D8	ADI 43H	C6 A2
2.3	SUB R	1	Відняти із вмісту A вміст регістра R	SUB C	91

№	Мнемоніка команди	Довжина команди, байт	Дія команди	Асемблер	Коди
2.4	SUI D8	2	Відняти із вмісту A число D8	SUI 0C9H	D5 C9
2.5	INR R	1	Збільшити вміст регістра R на одиницю	INR D	14
2.6	DCR R	1	Зменшити вміст регістра R на одиницю	DCR D	15
2.7	ORA R	1	Виповнити логічне АБО вмісту A і регістра R	ORA L	B5
2.8	ORI D8	2	Виповнити логічне АБО вмісту A і числа D8	ORI 26H	F6 26
2.9	ANA R	1	Виповнити логічне І вмісту A і регістра R	ANA H	A4
2.10	ANI D8	2	Виповнити логічне І вмісту A і числа D8	ANI 0A3H	E6 A3
2.11	CMA	1	Інвертувати вміст A	CMA	2F
2.12	CMP R	1	Порівняти вміст A і регістру R (якщо (A)=(R), тоді ознака Z=1)	CMP B	B8
2.13	CPI D8	2	Порівняти вміст A і числа D8 (якщо (A)=D8, тоді ознака Z=1)		FE 13
<b>3. Група команд переходів</b>					
3.1	JMP A16	3	Перейти до виконання програми за адресою A16	JMP 06B7H	C3 B7 06
3.2	JZ A16	3	Перейти до A16, якщо ознака Z=1 (тобто, якщо у результаті попередніх дій отримали) 0	JZ 1347H	CA 47 13
3.3	JNZ A16	3	Перейти до A16, якщо ознака Z=0	JNZ 27A6H	C2 A6 27

№	Мнемоніка команди	Довжина команди, байт	Дія команди	Асемблер	Коди
3.4	CALL A16	3	Перейти до виконання підпрограми за адресою A16 (адреса команди за CALL заноситься до стеку)	CALL 0F802H	CD 02 F8
3.5	CZ A16	3	Перейти до виконання підпрограми за адресою A16, якщо ознака Z=1	CZ 38B7H	CC B7 38
3.6	CNZ A16	3	Перейти до виконання підпрограми за адресою A16, якщо ознака Z=0	CNZ 3A7BH	C4 7B 3A
3.7	RET	1	Команда повернення із підпрограми (по раниш записаній до стеку адреси)	RET	C9
3.8	RZ	1	Команда повернення із підпрограми, якщо Z=1	RZ	C8
<b>4. Група команд косвіної адресації</b>					
4.1	MOV M,R	1	Переслати вміст регістра R до комірки пам'яті, адреса якої знаходиться у регістровій парі HL	MOV M,D	72
4.2	MVI M,D8	2	Занести до комірки пам'яті, адреса якої у HL, число D8	MVI M,16H	36 16
4.3	LDAX R16	1	Завантажити у A число із комірки пам'яті, адреса якої у регістровій парі R16	LDAX B	0A
4.4	STAX R16	1	Запам'ятати вміст A у комірки пам'яті, адреса якої у регістровій парі R16	STAX D	12

№	Мнемоніка команди	Довжина команди, байт	Дія команди	Асемблер	Коди
<b>5. Група спеціальних команд</b>					
5.1	NOP	1	Немає дій	NOP	00
5.2	HLT	1	Зупинка	HLT	76
5.3	PUSH R16	1	Запам'ятати вміст регістрової пари R16 у стеку	PUSH B	C5
5.4	POP R16	1	Завантажити у регістрову пару R16 два числа із верхівки стеку	POP D	D1
5.5	RRC	1	Зсунути вміст A праворуч на 1 розряд	RRC	0F
5.6	RLC	1	Зсунути вміст A ліворуч на 1 розряд	RLC	07

Таблиця Д2.2

## Команди на Асемблері у машинних кодах

Ст. циф.	Молодша цифра															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NOP	LXI B	STAX B	INX B	INR B	DCR B	MVI B	RLC	-	DAD B	LDAX B	DCX B	INR C	DCR C	MVI C	RRC
1	-	LXI D	STAX D	INX D	INR D	DCR D	MVI D	RAL	-	DAD D	LDAX D	DCX D	INR E	DCR E	MVI E	RAR
2	-	LXI H	SHLD	INX H	INR H	DCR H	MVI H	DAA	-	DAD H	LHLD	DCX H	INR L	DCR L	MVI L	CMA
3	-	LXI SP	STA	INX SP	INR M	DCR M	MVI M	STC	-	DAD SP	LDA	DCX SP	INR A	DCR A	MVI A	CMC
4	MOV B,B	MOV B,C	MOV B,D	MOV B,E	MOV B,H	MOV B,L	MOV B,M	MOV B,A	MOV C,B	MOV C,C	MOV C,D	MOV C,E	MOV C,H	MOV C,L	MOV C,M	MOV C,A
5	MOV D,B	MOV D,C	MOV D,D	MOV D,E	MOV D,H	MOV D,L	MOV D,M	MOV D,A	MOV E,B	MOV E,C	MOV E,D	MOV E,E	MOV E,H	MOV E,L	MOV E,M	MOV E,A
6	MOV H,B	MOV H,C	MOV H,D	MOV H,E	MOV H,H	MOV H,L	MOV H,M	MOV H,A	MOV L,B	MOV L,C	MOV L,D	MOV L,E	MOV L,H	MOV L,L	MOV L,M	MOV L,A
7	MOV M,B	MOV M,C	MOV M,D	MOV M,E	MOV M,H	MOV M,L	HLT	MOV M,A	MOV A,B	MOV A,C	MOV A,D	MOV A,E	MOV A,H	MOV A,L	MOV A,M	MOV A,A
8	ADD B	ADD C	ADD D	ADD E	ADD H	ADD L	ADD M	ADD A	ADC B	ADC C	ADC D	ADC E	ADC H	ADC L	ADC M	ADC A
9	SUB B	SUB C	SUB D	SUB E	SUB H	SUB L	SUB M	SUB A	SBB B	SBB C	SBB D	SBB E	SBB H	SBB L	SBB M	SBB A
A	ANA B	ANA C	ANA D	ANA E	ANA H	ANA L	ANA M	ANA A	XRA B	XRA C	XRA D	XRA E	XRA H	XRA L	XRA M	XRA A
B	ORA B	ORA C	ORA D	ORA E	ORA H	ORA L	ORA M	ORA A	CMP B	CMP C	CMP D	CMP E	CMP H	CMP L	CMP M	CMP A
C	RNZ	POP B	JNZ	JMP	CNZ	PUSH B	ADI	RST 0	RZ	RET	JZ	-	CZ	CALL	ACI	RST 1
D	RNC	POP D	JNC	OUT	CNC	PUSH D	SUI	RST 2	RC	-	JC	IN	CC	-	SBI	RST 3
E	RPO	POP H	JPO	XTHL	CPO	PUSH H	ANI	RST 4	RPE	PCHL	JPE	XCHG	CPE	-	XRI	RST 5
F	RP	POP PSW	JP	DI	CP	PUSH PSW	ORI	RST 6	RM	SPHL	JM	EI	CM	-	CPI	RST 7

Додаток 3

Градування ХА (хромель – алюмель), мВ

Температура, °С	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0	0.40	0.80	1.20	1.61	2.02	2.43	2.85	3.26	3.68
100	4.10	4.51	4.92	5.33	5.73	6.13	6.63	6.93	7.33	7.83
200	8.13	8.53	8.93	9.34	9.74	10.15	10.56	10.97	11.38	11.80
300	12.21	12.62	13.04	13.43	13.87	14.30	14.72	15.14	15.56	15.99
400	16.40	16.83	17.25	17.67	18.09	18.51	18.94	19.37	19.79	20.22
500	20.65	21.08	21.50	21.93	22.35	22.78	23.21	23.63	24.06	24.49
600	24.91	25.33	25.76	26.19	26.61	27.04	27.46	27.88	28.30	28.73
700	29.15	29, 57	29.99	30.41	30.83	31.24	31.56	32.08	32.49	32.90
800	33.32	33.72	34.13	34.55	34.95	35.36	35.76	36.17	36.57	36.97
900	37.37	37.77	38.17	38.57	38.97	39.35	39.76	40.15	40.54	40.93
1000	41.32	41.74	42.09	42.48	42.88	43.26	43.64	44.00	44.40	44.78
1100	45.16	45.54	45.91	46.29	46.66	47.03	47.40	47.77	48.14	48.50

## Стислий опис терморегулятора.

Порівняно недорогі мікроконтролери серії PIC (виробництва фірми Microchip) мають вбудований АЦП середньої точності. Наприклад, контролер PIC 16F870 має вбудований 4 – канальний 10 – розрядний АЦП (0 – 1023 відносних одиниць). Це надає можливість здійснювати вимірювання температури у діапазоні до 511°C з точністю 0,5°C. Для використання в терморегуляторах означеного діапазону цього цілком достатньо. Структурна схема терморегулятора наведена на рис. 1 бланку звіту до лабораторної роботи № 5. Особливостями схеми є нестандартна напруга живлення, яка дорівнює 5,12 В, і формування джерелом напруг живлення коротких імпульсів періодом 10 мс, які виробляються у моменти переходу напруги мережі через 0. Усі елементи, що застосовуються, припускають підвищену напругу живлення – до 5,5 В. Використання напруги живлення 5,12 В (за допомогою прецизійного регульованого стабілітрона TL431) дозволяє водночас використати його у ролі опорної напруги для АЦП. При цьому масштаб вхідної напруги пристрою дорівнює 10 мВ/град (5120 мВ відповідає 1024 відносних одиниць, або 512 °C). Саме такий масштаб має датчик температури навколишнього середовища типу LM35, що застосовується. Цей датчик необхідний для компенсації температури навколишнього середовища, так як термопара вимірює перегрів (різницю температур спаю і «холодних» кінців), а не абсолютну температуру. До цього ж масштабу наведені і ЕРС термопар ТК1 і ТК2 прецизійними неінвертувальними підсилювачами DA1 і DA2. Конструктивно ці підсилювачі, що називаються нормуючі підсилювачі, виконані на подвоєному операційному підсилювачі MCP602. Вихідні сигнали датчика і нормуючих підсилювачів подаються на 3 канали АЦП контролера. В інтервалі між зовнішніми перериваннями (10 мс) внутрішнім таймером контролера формується ще 2 переривання з інтервалом 3,3 мс. Таким чином, 10–мілісекундний цикл містить 3 переривання – мережі і два таймерних. Підпрограма опрацювання переривань також обслуговує 3-х розрядні індикатори (один – безпосередньо контролером, другий – через проміжний зовнішній паралельний регістр) засобом динамічної індикації і опитує кнопки керування. Зміряє значення температури об'єкту (з урахуванням температури навколишнього середовища, що вимірюється датчиком LM35) порівнюється із заданим значенням, у функції різниці температур встановлюється необхідна потужність нагрівача. Підпрограма регулятора потужності працює за принципом широтно-імпульсного регулювання з періодом виходу імпульсів біля 1,2 сек з змінною тривалістю ввімкненого стану нагрівача від 0 до 100%. Дискретність зміни тривалості включеного стану - 1%, що забезпечує діапазон зміни потужності нагрівачів від 0 до 100% через 1%. Вмикання силових симисторів здійснюється у моменти переходу напруги мережі через нуль для зниження завад від працюючого регулятора. Характер зміни потужності у залежності від розузгодження заданої і фактичної температур визначається спеціальною підпрограмою. У даному випадку використаний найпростіший пропорційно – диференціальний закон регулювання. Потужність регулятора починає знижуватися при зменшенні розузгодження до 5°C. Зниження потужності відбувається стрибкоподібно, через кожні 0,5°C, аж до 0 при перерегулюванні на 0,5°C. Робота нагрівача контролюється червоним світлодіодом. Ресурси контролера дозволяють реалізувати і будь-який інший більш складний закон регулювання (П, ПІ, ПІД і ін.).

## Література

1. Микропроцессоры, микроЭВМ и их применение для автоматизации машин, оборудования и приборов / Под ред. Г.А. Костиковой. – М.: Высш. шк., 1988. – 191с.
2. Гилмор Ч. Введение в микропроцессорную технику: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 334с.
3. Григорьев В.Л. Программное обеспечение микропроцессорных систем. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208с.
4. Гуртовцев А.Л., Гудыменко С.В. Программы для микропроцессоров: Справ. пособие. – Мн.: Высш. шк., 1989. – 352с.
5. Самофалов К.Г., Викторов О.В. Микропроцессоры. – К.: Техника, 1989. – 312с.

## ЗМІСТ

с.

1. <b>Лабораторна робота № 1. “Дослідження нагрівальної печі як об’єкта регулювання”</b>	<b>3</b>
2. <b>Лабораторна робота № 2. “Вивчення структури мікропроцесорної системи і принципів її функціонування”</b>	<b>9</b>
3. <b>Лабораторна робота № 3. “Складання програм для мікропроцесорних систем”</b>	<b>16</b>
4. <b>Лабораторна робота № 4. “Основи програмування мікропроцесорних систем”</b>	<b>19</b>
5. <b>Лабораторна робота № 5. “Дослідження системи автоматичного керування (САК) температурою нагрівальної печі з мікропроцесорним терморегулятором”</b>	<b>23</b>
6. <b>Розрахунково-графічна робота № 1. “Розрахунок перехідного процесу в САК нагрівальної печі з позиційним регулятором температури”</b>	<b>28</b>
7. <b>Розрахунково-графічна робота № 2. “Синтез мікропроцесорних систем керування”</b>	<b>31</b>
<b>Додаток 1</b>	<b>37</b>
<b>Додаток 2</b>	<b>38</b>
<b>Додаток 3</b>	<b>43</b>
<b>Додаток 4</b>	<b>44</b>
<b>Література</b>	<b>45</b>

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних і розрахунково-графічних робіт  
з курсу “АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ  
І МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА”

Укладачі:

Багдасарян Сергій Саркісович  
Тютюнник Наталя Леонідівна

Подписано к печати 27.11.2003. Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 3,28. Печать лазерная. Тираж 50 экз.

**Отпечатано в типографии ООО «Норд Компьютер»  
На цифровом лазерном издательском комплексе Rank Xerox DocuTech 135.  
Адрес: г. Донецк, б. Пушкина, 23. Телефон: (062) 342-14-82.**