

Лабораторна робота 2

Ціль роботи: Дослідити засоби побудови блоків мікропрограмного управління. Одержати навички в проектуванні й налагодженні схем пристроїв управління з мікропрограмним управлінням.

Блоки мікропрограмного управління

Кожній команді, яка записана у основній пам'яті ЕОМ, відповідає мікропрограма, що зберігається в пам'яті блоку мікропрограмного управління.

Мікропрограма – це зв'язаний список мікрокоманд, виконання яких забезпечує виконання заданої команди.

Мікрокоманда це інформаційне слово, що містить наступну інформацію:

- управляючі сигнали;
- тривалість управляючих сигналів;
- інформацію щодо формування адреси наступної МК.

БМУ функціонує у відповідності з *принципом мікропрограмного управління*, що полягає в наступному.

Під час виконання мікропрограми в кожному такті із постійної пам'яті БМУ зчитується та розшифровується чергова мікрокоманда. В результаті виконання мікрокоманди формуються управляючі сигнали необхідної тривалості, що поступають на всі функціональні частини обчислювальної системи, а також формується адреса наступної мікрокоманди.

Можна виділити наступні етапи виконання команди в обчислювальній системі.

1. *Вибірка команди.* З ОП зчитується команда в регістр команд процесора, для чого виконується відповідна МП, що записана у пам'ять БМУ.

2. *Розпакування команди.* Команда розшифровується (аналізуються поля слова команди, визначаються операнди), що забезпечується виконанням відповідної МП.

3. *Виконання операції.* Виконується МП виконання заданої операції над визначеними операндами.

4. *Формування адреси наступної команди.* Відповідна МП формує адресу наступної команди у лічильнику команд.

Спрощена структурна схема БМУ наведена на рис. 3.3.

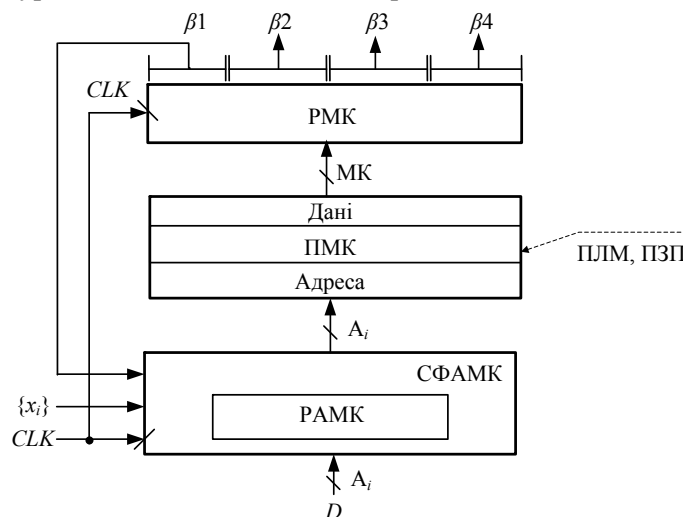


Рис. 3.3. Структурна схема БМУ

Основні функціональні частини БМУ:

- РАМК – регістр адреси МК;
- СФАМК – схема формування адреси МК;
- ПМК – пам'ять МК;
- РМК – регістр МК;
- A_i – адреса МК;
- CLK – синхросигнал;

- $\{x_i\}$ – логічні умови;
 D – вхід завдання початкової адреси мікропрограми.

МК розміщуються у пам'яті мікрокоманд. На рис. 3.4 наведений формат мікрокоманди.

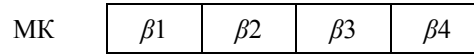


Рис. 3.4. Формат мікрокоманди

Слово МК складається з чотирьох зон:

- β_1 – зона формування адреси наступної МК;
- β_2 – зона управляючих сигналів;
- β_3 – зона визначення тривалості управляючих сигналів;
- β_4 – зона службових розрядів.

У кожному такті за синхросигналом CLK адреса мікрокоманди поновлюється у РАМК і надходить на адресний вхід ПМК. За адресою, що надійшла в ПМК, обирається відповідна мікрокоманда і видається на вихід даних ПМК. Слово мікрокоманди записуються у РМК за зворотним перепадом синхросигналу CLK .

Сигнали зони β_2 управляють вузлами комп'ютера, зони β_3 – визначають тривалість цих сигналів, сигнали зони β_1 разом із логічними умовами $\{x_i\}$ поступають на вхід СФАМК і формують адресу наступної МК. За черговим сигналом CLK адреса наступної МК буде сформована у РАМК. Зона β_4 використовується для виконання допоміжних функцій, наприклад контролю апаратури.

Структура зони управляючих сигналів β_2

Зона β_2 застосовується для кодування управляючих сигналів. Існують два основні способи кодування управляючих сигналів у зоні β_2 :

- *горизонтальне мікропрограмування*, яке також називають мінімальним кодуванням управляючих сигналів;
- *вертикальне мікропрограмування*, яке також називають максимальним кодуванням управляючих сигналів.

Під час мінімального кодування кожен управляючий сигнал відображується одним розрядом слова мікрокоманди (рис. 3.5), де R , W , I , O – відповідно управляючі сигнали зчитування, запису, вводу та виводу інформації, що показані у якості прикладу.

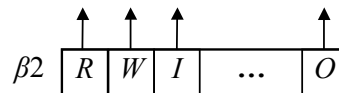


Рис. 3.5. Структура зони β_2 при мінімальному кодуванні (горизонтальне мікропрограмування)

За мінімального способу кодування довжина зони β_2 дорівнює

$$n_{\beta_2} = N_{yc}, \quad (3.1)$$

Де N_{yc} – кількість управляючих сигналів.

Під час максимального кодування розряди зони β_2 формуються за допомогою коду $\alpha_i \dots \alpha_1$ на дешифраторі (рис. 3.6).

Довжина зони β_2 в цьому випадку дорівнює

$$n_{\beta_2} = \lceil \log_2 N_{yc} \rceil. \quad (3.2)$$

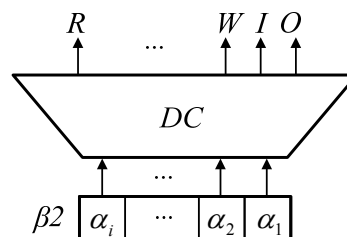


Рис. 3.6. Структура зона β_2 при максимальному кодуванні (вертикальне мікропрограмування)

Недоліки горизонтального мікропрограмування полягають в тому, що кодування великої кількості УС потребує більшої довжини слова МК. До переваги слід віднести можливість формувати водночас будь яку кількість УС, що приводить до сумісного виконання декількох МО в одному такті.

До переваг вертикального мікропрограмування відносять значне скорочення довжини зони $\beta 2$. Недоліки – в кожному такті можна сформувати тільки один УС, що ускладнює сумісне виконання МО.

На практиці зазвичай використовують комбінований спосіб кодування УС – сигнали поєднують у групи, таким чином, що сигнали, які мають бути виконані водночас розміщуються в різних групах. Усередині групи використають ВМ, а між групами ГМ.

На рис. 3.7 наведена можлива реалізація зони $\beta 2$ при комбінованому способі кодування.

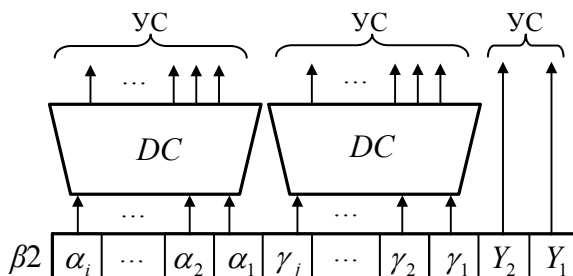


Рис. 3.7. Структура зони $\beta 2$ при комбінованому способі кодування

Приклад 3.2. Побудувати структуру та карту програмування зони управляючих сигналів $\beta 2$ для ефективної реалізації МА, що заданий у вигляді лінійної схеми МА:

$$\Pi y_1 y_2 (y_1 y_2 y_3) y_4 y_5 (y_2 y_3 y_5) y_6 y_7 K$$

Виконання завдання

Для формування зони $\beta 2$ застосуємо комбіноване мікропрограмування. Розподілимо управляючі сигнали на групи так, щоб сигнали які формуються водночас розміщувались у різних групах, отримаємо:

I	II	III
y_1	y_2	y_3
y_5		
y_4		
y_6		
y_7		

Розрахуємо довжину зони $\beta 2$.

Для кодування сигналів першої групи використаємо дешифратор. За виразом (2.2) розрахуємо довжину зони:

$$n_{DC} = \lceil \log_2 6 \rceil = 3.$$

Враховуючи, що для кодування сигналів груп II та III необхідно ще два розряди зони $\beta 2$, отримаємо:

$$n_{\beta 1} = 5.$$

Кодування входів дешифратора наведене в табл. 3.1. Карта програмування зони $\beta 2$ – в табл. 3.2.

Таблиця 3.1. Таблиця кодування УС

α_3	α_2	α_1	УС
0	0	0	немає сигналів
0	0	1	y_1
0	1	0	y_5
0	1	1	y_4
1	0	0	y_6
1	0	1	y_7

Таблиця 3.2. Карта програмування

№ такту	УС	$\beta 2$				
		α_3	α_2	α_1	y_2	y_3
1	y_1	0	0	1	0	0
2	y_2	0	0	0	1	0
3	y_1, y_2, y_3	0	0	1	1	1
4	y_4	0	1	1	0	0
5	y_5	0	1	0	0	0
6	y_2, y_3, y_4	0	1	0	1	1
7	y_6	1	0	0	0	0
8	y_7	1	0	1	0	0

Структурна схема зони $\beta 2$ зображена на рис. 3.8.

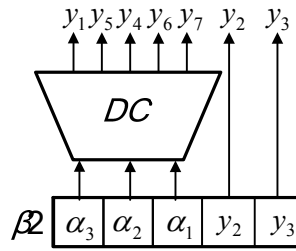


Рис. 3.8. Структурна схема зони $\beta 2$

Структура зони визначення тривалості управляючих сигналів $\beta 3$

Зона $\beta 3$ відповідає за тривалість виконання мікрооперацій. Під час асинхронного та комбінованого способу управління мікрооперація виконується за один або декілька тактів, тобто необхідно забезпечити необхідну затримку управляючого сигналу при виконанні МО.

Найбільш розповсюдженим способом є використання лічильника тактів, у який заноситися константа, що визначає час затримки УС.

У кожному такті виконується декремент лічильника (або інкремент, якщо у лічильнику записане від'ємне число), за нульовим вмістом якого дозволяється зміна інформації в РАМК і відбувається формування наступних УС.

З точки зору апаратної реалізації – частина РМК (зона $\beta 3$) виконується у вигляді лічильника тактів CT (рис. 3.9).

$\beta 1$	$\beta 2$	$\beta 3$	$\beta 4$
RG	RG	CT	RG

Рис. 3.9. Апаратна реалізація регістру мікрокоманди

Довжина зони $\beta 3$ визначається за формулою

$$n_{\beta 3} = \lceil \log_2 k \rceil + 1, \quad (3.3)$$

де k – максимальна затримка управляючих сигналів у тактах, один додатковий розряд (+1) застосовується для урахування знакового розряду (ЗР).

Структурна схема БМУ з урахуванням зони затримки управляючих сигналів зображена на рис. 3.10.

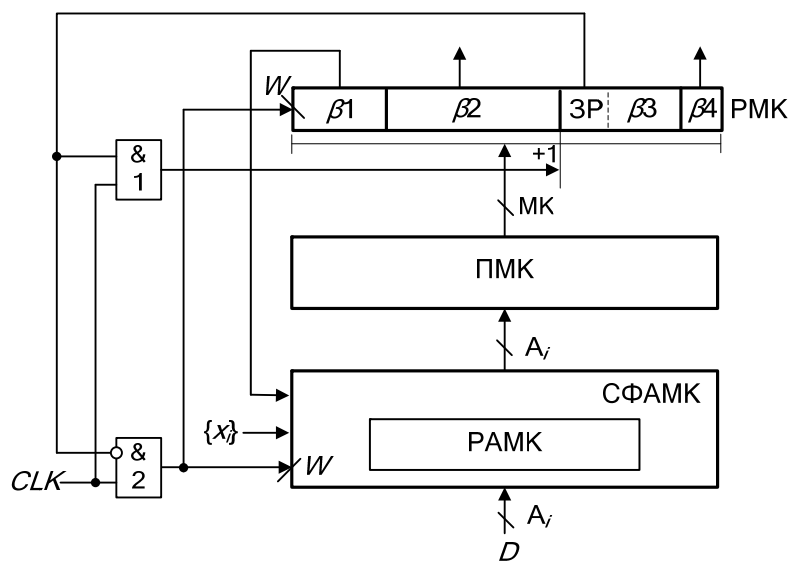


Рис. 3.10. Структурна схема БМУ з урахуванням зони затримки УС

Принцип функціонування. Кількість тактів, на які необхідно затримати МО, записують у двійковому доповнювальному коді від'ємного числа в лічильник CT . Це означає, що в ЗР буде записана одиниця, якщо затримка не дорівнює нулю. У кожному такті до вмісту

лічильника CT додається одиниця, поки вміст лічильника не дорівнюватиме нулю. За нульовим кодом відбувається завантаження адреси наступної МК у РАМК. До схеми додаються два логічні елементи І (ЛЕ1 та ЛЕ2). За наявності одиниці у ЗР лічильника ЛЕ2 блокує сигнал CLK , що має поступити на вхід W СФАМК. З виходу ЛЕ1 сигнал поступає на вхід (+1) лічильника. За нульовим вмістом лічильника, тобто коли ЗР дорівнює нулю, навпаки є заблокованим ЛЕ1 і сигнал CLK поступає на вхід W СФАМК, що дозволяє формування адреси наступної МК.

Приклад 3.3. Для БМУ з асинхронним принципом формування управляючих сигналів розробити структуру й карту програмування зони $\beta 3$.

Вихідні дані

- максимальна тривалість МО – 25 тактів,
- карту програмування побудувати для МО тривалістю 5 тактів.

Виконання завдання

Визначимо довжину зони $\beta 3$ за виразом (3.3):

$$n_{\beta 3} = \lceil \log_2 24 \rceil + 1 = 5 + 1 = 6,$$

де $\Delta = 24\tau$ – максимальна затримка МО.

Якщо тривалість чергової МО $t_i = 5\tau$, то час затримки дорівнюватиме $\Delta = 4\tau$.

Подамо знайдену затримку у двійковому доповнювальному коді від'ємного числа з урахуванням знакового розряду:

$$-4_{10} = 1.00100_2;$$

$$1.00100_{\text{ПК}} = 1.11100_{\text{ДК}}.$$

Тоді інформація в зоні $\beta 3$ для карти програмування ПМК має вигляд:

$$\beta 3 \quad \boxed{1 \mid 11100}$$

Зміна станів лічильника зони $\beta 3$ наведена у табл. 3.3.

Таблиця 3.3. Стани лічильника

№ такту	СТ		Примітки
	ЗР		
ПС	1	11100	ЗР = 1 (ЛЕ2 заблокований)
1	1	+1 11101	ЗР = 1 (ЛЕ2 заблокований)
2	1	+1 11110	ЗР = 1 (ЛЕ2 заблокований)
3	1	+1 11111	ЗР = 1 (ЛЕ2 заблокований)
4	0	+1 00000	ЗР = 0 (ЛЕ1 заблокований, формування наступної адреси)

Призначення зони службових розрядів $\beta 4$

У обчислювальних системах зона $\beta 4$ може складатися із сотні розрядів. Найчастіше цю зону використовують для контролю апаратури.

Як приклад можна навести використання зони для контролю слова мікрокоманди на парність або непарність.

Схема контролю має вигляд зображений на рис. 3.11. Для контролю використовують операцію згортки (суму за модулем 2). У цьому випадку зона $\beta 4$ має довжину 1 розряд, вміст цього розряду доповнює кількість 1 у слові мікрокоманди до парної (або непарної, при контролі слова МК на непарність).

Під час контролю на парність сигнал «помилка»=1 визначає, що слово МК вміщує непарну кількість 1, тобто наявна помилка.

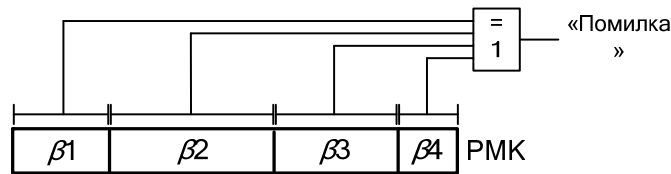


Рис. 3.11. Схема контролю слова МК на парність

Приклад 3.4. Сформувати зону β_4 для контролю заданих слів МК в зонах β_1 , β_2 і β_3 на парність (табл. 3.4).

Виконання завдання

Таблиця 3.4. Кодування зони β_4

β_1	β_2	β_3	β_4
01010	1110	1010	1
11001	1101	1110	1
10100	0100	1000	0

Способи формування адреси МК. Структура зони β_1

Адресація мікрокоманд у БМУ забезпечується зоною β_1 . Для переходу на наступну МК у зоні β_1 поточної МК розміщується адреса переходу, або інформація для обчислення адреси переходу. Для виконання розгалуження мікроалгоритмів застосовуються наступні основні конструкції мікроалгоритмів:

- безумовний перехід;
- умовний перехід;
- цикли;
- мікроподпрограми.

Для реалізації безумовного переходу, зона β_1 мікрокоманди, що розміщується в БМУ за адресою A_i , містить частину або всю адресу переходу A_j . Тобто адреса переходу визначається як $[A_i] \rightarrow [A_j]$. За цим способом формуються адреси на лінійних ділянках МА (рис. 3.12, а).

За умовного переходу у зоні β_1 мікрокоманди A_i вказується інформація щодо адреси A_j або адреси A_k , куди здійснюється перехід в залежності від умови X_i , де X_i – будь-яка умова, що формується поза БМУ (рис. 3.12, б).

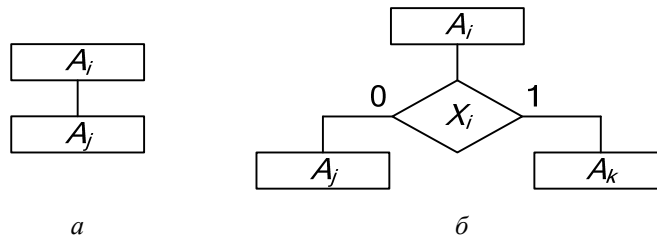


Рис. 3.12. Типові конструкції МА:

а – безумовний перехід; б – умовний перехід

Циклічні мікроалгоритми можуть бути організовані двома способами:

- за умовою X_i , що формується поза БМУ;
- за кількістю повторень N , що формується за лічильником циклів усередині БМУ.

Цикли у свою чергу поділяються на:

- цикли з перевіркою на вході (рис. 3.13, а);
- цикли з перевіркою на виході (рис. 3.13, б).

В залежності від умови, що перевіряється на вході/виході циклу, або стану лічильника CT , відбувається вихід з циклу – зона β_1 містить адресу A_j ($[A_i] \rightarrow [A_j]$), або перехід на початок циклу – зона β_1 містить адресу A_k ($[A_i] \rightarrow [A_k]$) (рис. 3.13, а, б).

За способом формування зони β_1 розрізняють наступні способи адресації мікрокоманд:

- примусова адресація МК;
- відносна адресація МК;
- природна адресація МК (інкрементна).

Для кожного способу адресації мікрокоманд використовується відповідний формат зони β_1 .

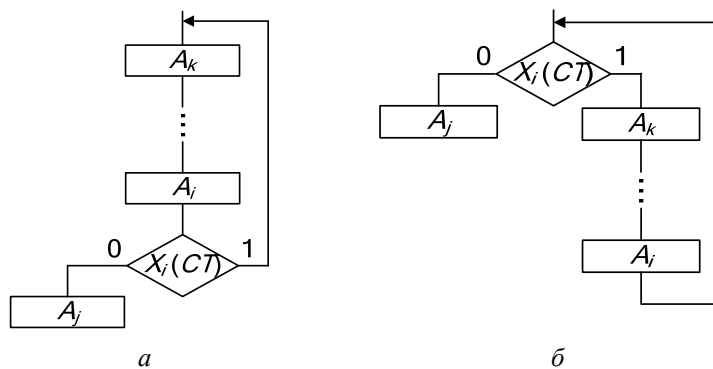
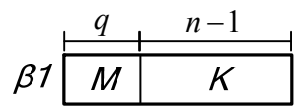


Рис. 3.13. Циклічні МА:
а – цикл із перевіркою на виході; б – цикл із перевіркою на вході

Синтез БМУ з примусовою адресацією

За примусової адресації зона $\beta 1$ має наступний формат:



- де M – поле управління мультиплексором;
 q – довжина поля управління мультиплексором;
 K – константа, що визначає адресу наступної мікрокоманди;
 n – розрядність адреси мікрокоманди.

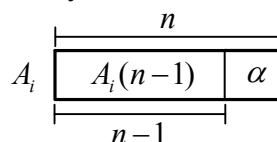
Довжина поля управління мультиплексором визначається за формулою:

$$q = \lceil \log_2(k+2) \rceil, \quad (3.4)$$

де k – кількість зовнішніх умов.

Поле константи K являє собою $(n-1)$ старших розрядів адреси мікрокоманди. $n_k = n-1$

Формат адреси мікрокоманди має наступний вигляд:



де α – визначає умову переходу, яка формується на виході мультиплексора в залежності від логічних умов X_i .

Спрощена структурна схема БМУ з примусовою адресацією зображена на рис. 3.14. На цій та подальших схемах БМУ входи для занесення початкової адреси D в РАМК умовно не показані.

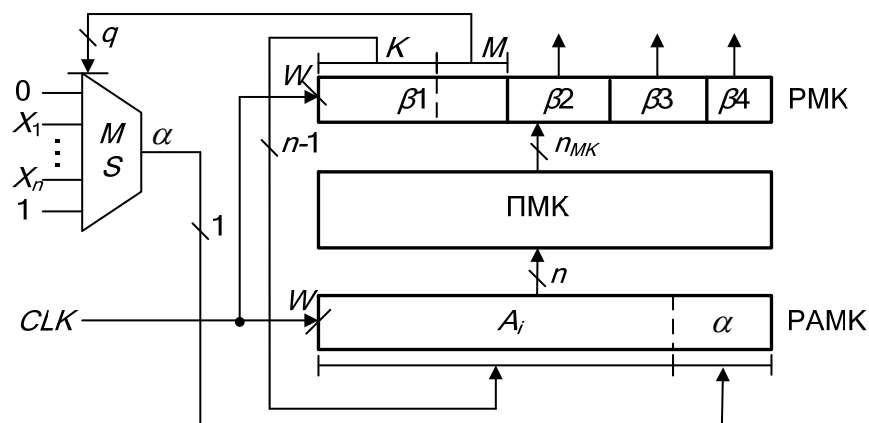


Рис. 3.14. Структурна схема БМУ з примусовою адресацією

Приклад 3.5. Розробити схему БМУ для реалізації заданого мікроалгоритму (рис. 3.15). Розробити карту налаштування БМУ.

Вихідні дані:

- спосіб управління асинхронний;
- ПМК ємністю 32 слова;
- комбіноване кодування зони $\beta 2$;
- забезпечити контроль слова МК на парність;
- час формування управляючих сигналів у тактах: $t(y_1)=1$, $t(y_2)=2$, $t(y_3)=5$, $t(y_4)=1$, $t(y_5)=12$, $t(y_6)=7$, $t(y_7)=9$.

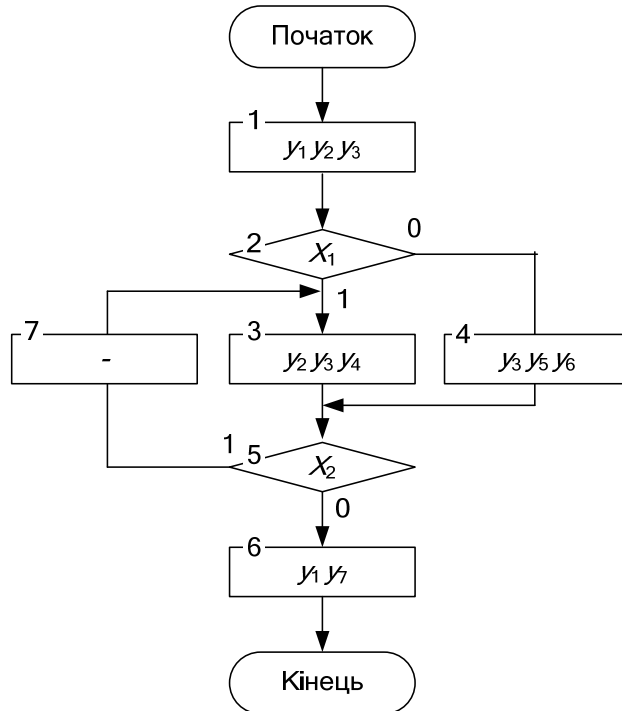


Рис. 3.15. Вихідний мікроалгоритм

Виконання завдання

1. Формат зони $\beta 1$.

Враховуючи, що ємність ПМК дорівнює 32 слова, розрахуємо розрядність адреси:

$$n = \lceil \log_2 32 \rceil = 5.$$

Виходячи з розрядності адреси, отримаємо довжину поля константи:

$$K = 5 - 1 = 4.$$

Кількість управляючих входів мультиплексора, що визначає розрядність поля M розрахуємо за виразом (3.4), враховуючи, що кількість управляючих сигналів дорівнює двом (X_1 , X_2):

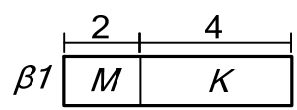
$$q = \lceil \log_2 (2+2) \rceil = 2.$$

Складемо таблицю кодування розрядів поля управління мультиплексором (табл. 3.5).

Таблиця 3.5. Кодування поля M

$m_2 m_1$	УС
00	0
01	X_1
10	X_2
11	1

Враховуючи наступний формат зони $\beta 1$



отримаємо:

$$n_{\beta 1} = 6.$$

2. Формат зони $\beta 2$:

Розподілимо управляючі сигнали за групами, так, що сигнали, які виробляються в одному такті будуть знаходитися у різних групах:

I	II	III
y_1	y_2	y_3
y_5	y_6	
y_4	y_7	

Для формування сигналів першої і другої групи будемо застосовувати дешифратори. Розрахуємо кількість розрядів кодів дешифраторів за виразом (2.2):

$$n_1 = n_1 = \lceil \log_2 3 \rceil = 2.$$

Наведемо таблиці кодування сигналів у зоні $\beta 2$ (табл. 3.6 і 3.7).

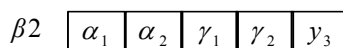
Таблиця 3.6. Кодування сигналів

$\alpha_2 \alpha_1$	УС
00	—
01	y_1
10	y_4
11	y_5

Таблиця 3.7. Кодування сигналів

$\gamma_2 \gamma_1$	УС
00	—
01	y_2
10	y_6
11	y_7

В результаті отримали наступну структуру зони $\beta 2$:



Тоді довжина зони $\beta 2$:

$$n_{\beta 2} = 5.$$

3. Формат зони $\beta 3$.

Максимальна тривалість МО дорівнює: $t_{\max} = 12$. Тоді максимальна затримка дорівнює: $\Delta t_{\max} = 11$.

За виразом (3.3) розрахуємо довжину зони $\beta 3$:

$$n_{\beta 3} = \lceil \log_2 11 \rceil + 1 = 5.$$

Враховуючи попередні обчислення, а також те, що для перевірки на парність у зоні $\beta 3$ необхідно виділити один розряд, довжина слова МК дорівнює:

$$n_{MK} = 17.$$

4. Розміщення мікрокоманди у ПМК.

Правило. Мікрокоманди в альтернативних вершинах МА розміщуються у ПМК таким чином, щоб їх адреси відрізнялися лише одним молодшим розрядом (рис.3.16).

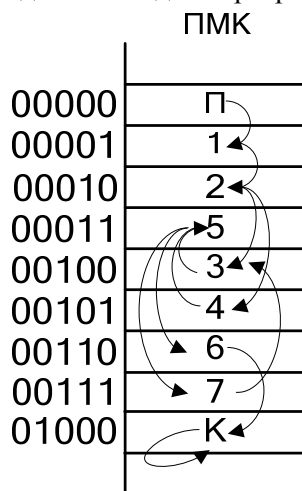


Рис. 3.16. Розміщення мікрокоманд в ПМК

5. Карта програмування наведена у табл. 3.8.

№ МК	Адреса	β_1		β_2			β_3		β_4
		K	M	$\alpha_2 \alpha_1$	$\gamma_2 \gamma_1$	γ_3	ЗР		
П	00000	0000	11	00	00	0	0	0000	0
1	00001	0001	00	01	01	1	1	1100	0
2	00010	0010	01	00	00	0	0	0000	1
3	00100	0001	11	10	01	1	1	1100	1
4	00101	0001	11	11	10	1	1	0101	0
5	00011	0011	10	00	00	0	0	0000	1
6	00110	0100	00	01	11	0	1	1000	0
7	00111	0010	00	00	00	0	0	0000	1
К	01000	0100	00	00	00	0	0	0000	1

[illegible]

Скорочення зони β_1 для примусової адресації МК

Формат адреси в цьому випадку має такий вигляд:

	1	q	$\frac{n}{2}-1$
$\beta 1$	V	M	K

n – розрядність адреси мікрокоманди.

Виконання завдання

1. Формат зони $\beta 1$:

$$\begin{aligned} n_a &= \lceil \log_2 64 \rceil = 6; \\ n_K &= 6 : 2 - 1 = 2; \\ n_M &= \lceil \log_2 3 \rceil = 2; \\ n_{\beta 1} &= 5. \end{aligned}$$

Отримаємо:

	1	2	2
$\beta 1$	V	K	M

2. Розміщення МК у ПМК (рис. 3.19).

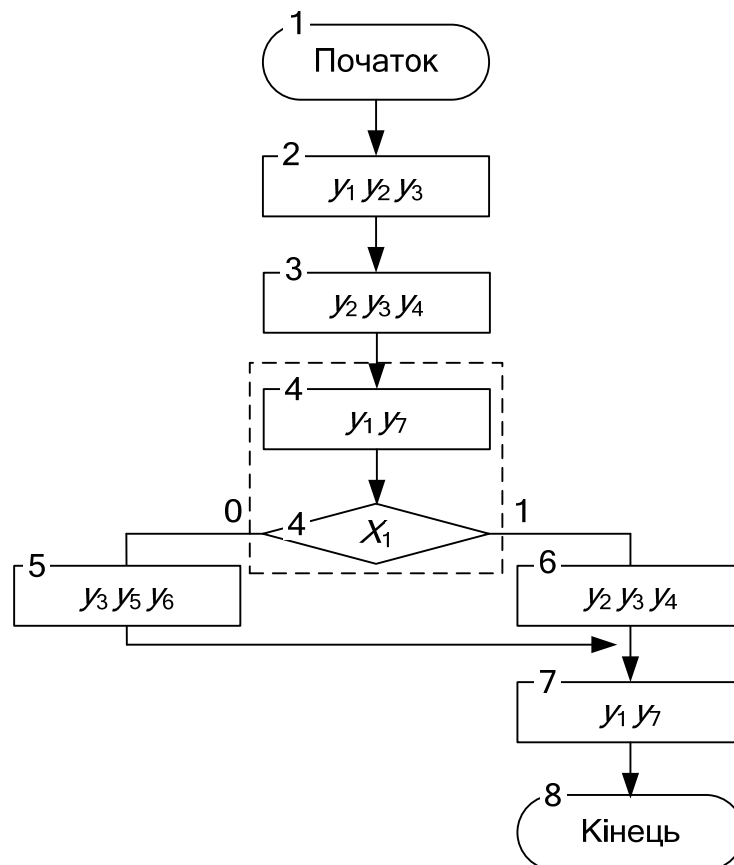


Рис. 3.18. Вихідний мікроалгоритм
ПМК

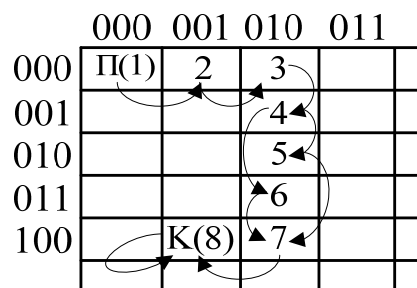


Рис. 3.19. Розміщення мікрокоманд в ПМК

3. Карта програмування зони $\beta 1$ (табл. 3.9).

МК	Адреса МК		$\beta 1$		
	Номер рядку	Номер стовпця	V	K	M
1	000	000	0	00	11
2	000	001	0	01	00
3	000	010	1	00	11
4	000	010	1	01	01
5	010	010	1	10	00
6	011	010	1	10	00
7	100	010	0	00	11
8	100	001	0	00	11

	n_S	q
$\beta 1$	S	M

- ємність ПМК – 64 слова;
- максимальний перехід – 8 рядків;
- мінімальне кодування управляючих сигналів;
- синхронний спосіб управління.

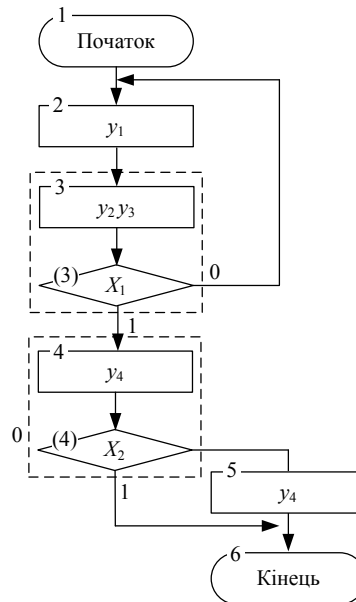


Рис. 3.21. Вихідний мікроалгоритм

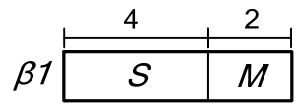
Виконання завдання

1. Формат зони $\beta 1$.

Виходячи з кількості логічних умов та заданого максимального збільшення, за виразами (3.6) та (3.4) відповідно, визначимо:

$$\begin{aligned}
 n_M &= \lceil \log_2 4 \rceil = 2; \\
 n_S &= \lceil \log_2 8 \rceil + 1 = 4; \\
 n_{\beta 1} &= 6.
 \end{aligned}$$

Отримаємо формат зони:



2. Розрядність адреси ПМК:

$$n_a = \lceil \log_2 64 \rceil = 6.$$

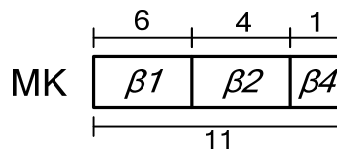
3. При синхронному способі управління для виконання кожної мікрооперації виділяється однакові проміжки часу, тому зону $\beta 3$ не використовуємо.

4. Формат зони $\beta 2$.

При мінімальному кодуванні управляючих сигналів довжина зони $\beta 2$ дорівнює кількості управляючих сигналів:

$$n_{\beta 2} = 4.$$

Враховуючи попередні обчислення отримаємо формат мікрокоманди ($n_{MK} = 11$):



5. Розміщення мікрокоманди у ПМК (рис. 3.22).

Правило. Мікрокоманди, що відповідають альтернативним вершинам мікроалгоритму, розміщуються у ПМК таким чином, щоб їх адреси відрізнялися на одиницю.

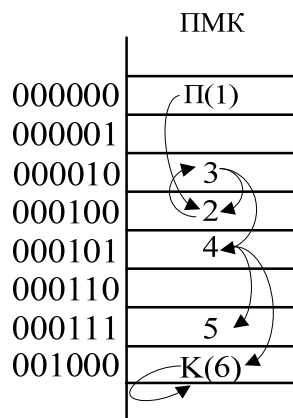


Рис. 3.22. Розміщення мікрокоманд в ПМК

6. Карта програмування зображена у табл. 3.10.

Таблиця 3.10. Карта програмування БМУ

№ МК	Адреса МК	$\beta 1$		$\beta 2$ $y_1 y_2 y_3 y_4$	$\beta 4$
		S	M		
1	000000	0011	00	0000	0
2	000011	1111	00	1000	1
3	000010	0001	01	1010	1
4	000100	0010	10	1000	0
5	000110	0001	00	1000	0
6	000111	0000	00	0000	1

7. Структурна схема БМУ наведена на рис. 3.23.

Очевидно, що тривалість такту в даному випадку відносно БМУ з примусовою адресацією збільшується за рахунок затримки сигналів у суматорі. Таким чином, БМУ із примусовою адресацією мають вищу швидкодію, але більшу розрядність зони $\beta 1$ ніж у БМУ з відносною адресацією. Складність БМУ з відносною адресацією зменшується за рахунок скорочення зони $\beta 1$, але це приводить до втрати швидкодії пристрою.

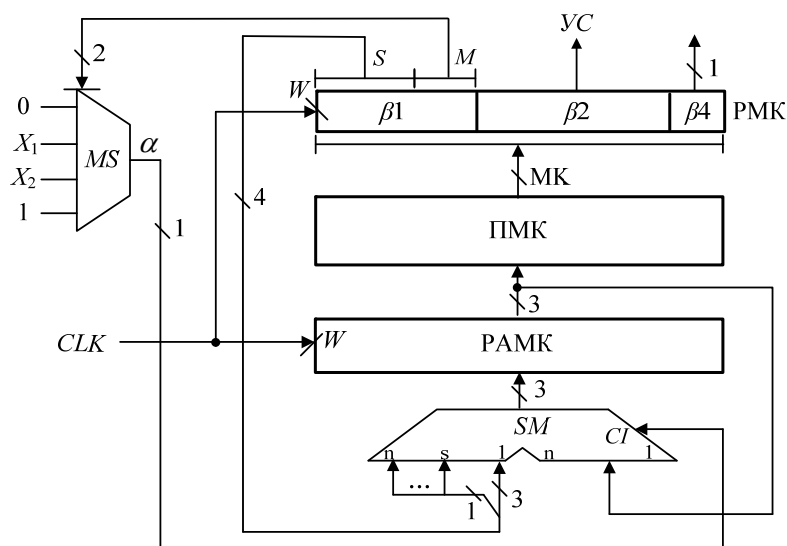


Рис. 3.23. Структурна схема БМУ з відносною адресацією

Приклад 3.8. Побудувати структурну схему БМУ і карту пам'яті мікропрограм для мікроалгоритму виконання операції множення. Мікроалгоритм повинен забезпечувати управління арифметико-логічним пристроєм із розподіленою логікою.

Вихідні дані:

- Спосіб адресації мікрокоманд – примусовий;
- Структура ПМК – лінійна;
- Ємність ПМК – 16 слів;
- Тривалість мікрооперації підсумовування – 4 такти;
- Початкова адреса мікропрограми – 0007h;
- Виконати перевірку слова МК на непарність;
- Розрядність операндів – 16 розрядів;
- Розрядність регістрів та суматорів – 8 розрядів.

Виконання завдання

Структурна схема пристрою для виконання операції множення першим способом з урахуванням елементної бази наведена на рис. 3.24. Мікроалгоритм управління роботою пристрою наведений на рис. 3.25. Змістовний МА наведений на рис. 3.26.

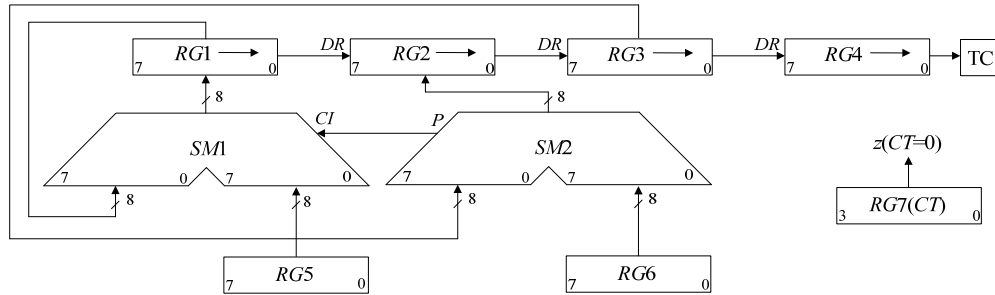


Рис. 3.24. Структурна схема пристрою множення

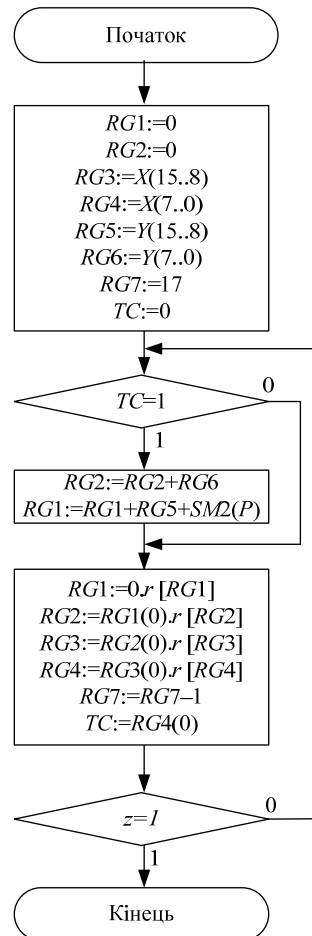


Рис. 3.25. Змістовний мікроалгоритм

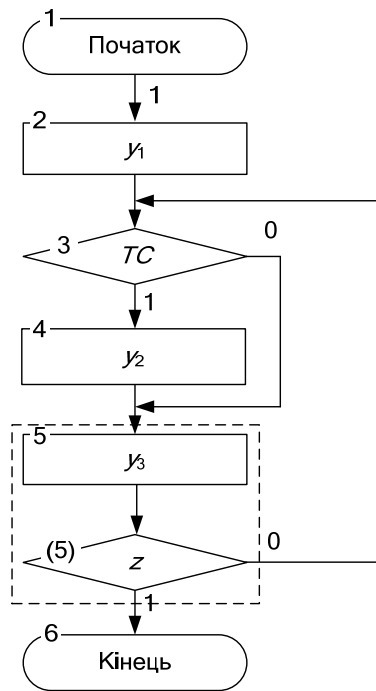


Рис. 3.26. Закодований алгоритм управління пристроєм множення

Визначимо формат зони $\beta 1$:

$$n_a = \lceil \log_2 16 \rceil = 4;$$

$$n_K = 3;$$

$$n_M = \lceil \log_2 4 \rceil = 2;$$

$$n_{\beta 1} = 5.$$

Визначимо спосіб управління мультиплексором (табл. 3.11).

Таблиця 3.11. Кодування поля M

$m_2 m_1$	УС
00	0
01	TC
10	z
11	1

Визначимо формат зони $\beta 2$. Для максимального способу кодування управляючих сигналів розрахуємо розрядність коду дешифратора за виразом (3.2):

$$n_{\beta 2} = \lceil \log_2 4 \rceil = 2.$$

Наведемо кодування сигналів у зоні $\beta 2$ (табл. 3.12).

Таблиця 3.12. Кодування сигналів

$\alpha_2 \alpha_1$	УС
00	—
01	y_1
10	y_2
11	y_3

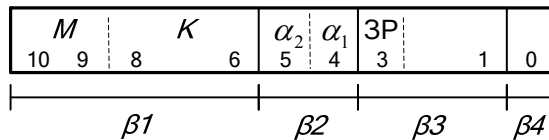
За виразом (3.3) розрахуємо довжину зони $\beta 3$:

$$\Delta t_{\max} = 3;$$

$$n_{\beta 3} = \lceil \log_2 3 \rceil + 1 = 3.$$

Для перевірки на парність у зоні $\beta 4$ необхідно виділити один розряд.

Отримаємо наступний формат мікрокоманди ($n_{MK} = 10$):



Розміщуємо мікрокоманди в пам'яті мікрокоманд (рис. 3.27).

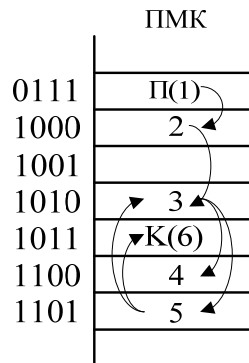


Рис. 3.27. Розміщення мікрокоманд в ПМК

Карта програмування БМУ наведена у табл. 3.13.

Таблиця 3.13. Карта програмування БМУ

№ МК	Адреса	β_1		β_2		β_3		β_4
		K	M	α_2	α_1	$3P$		
П(1)	0111	100	00	00	0	00	0	0
2	1000	101	00	01	0	00	0	0
3	1010	110	01	00	0	00	1	1
4	1100	110	11	10	1	01	1	1
5	1101	101	10	11	0	00	0	0
К(6)	1011	101	11	00	0	00	1	1

Структурна схема БМУ із лінійною ПМК та примусовим способом адресації зображена на рис. 3.17.

Підготовка до лабораторної роботи

1. Побудувати структурну схему БМУ і карту пам'яті мікропрограм для мікроалгоритму виконання операції множення. Мікроалгоритм повинен забезпечувати управління арифметико-логічним пристроєм із розподіленою логікою відповідно до варіанту лабораторної роботи 1 (БМУ повинен замінити управляючий пристрій із жорсткою логікою).

2. Під час виконання завдання необхідно враховувати дані наведені у табл. 3.14 – 3.15.

Таблиця 3.14. Вихідні дані до проектування

a_4	a_2	Спосіб адресації мікрокоманд	Структура ПМК	Ємність ПМК (слів)	Використати зону Ξ_4 для перевірки слова МК
0	0	примусовий	лінійна	64	на непарність
0	1	примусовий	матрична		на парність
1	0	відносна	лінійна		на непарність
1	1				на парність
Спосіб мікропрограмування – горизонтальний;					
Забезпечити занесення початкової адреси мікроалгоритму в регістр адреси мікрокоманд.					

Таблиця 3.15. Вихідні дані до проектування

a_6	a_5	a_4	Тривалість мікрооперації підсумовування	Початкова адреса мікропрограми
0	0	0	7	18h
0	0	1	4	0ah
0	1	0	3	06h
0	1	1	6	0eh
1	0	0	11	13h
1	0	1	4	07h
1	1	0	5	11h
1	1	1	2	0bh

Виконання роботи

1. Використовуючи моделюючу систему AFDK побудувати і налагодити БМУ. Опис програмного комплексу AFDK наведений у додатку М.
2. На спроектованому пристрої виконати числовий приклад із заданими викладачем значеннями операндів.
3. У протоколі навести функціональну схему пристрою для виконання операції множення.

Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен включати короткі теоретичні відомості, необхідні для виконання лабораторної роботи; структурні та функціональні схеми; таблиці та діаграми, отримані при виконанні теоретичного завдання, а також у процесі моделювання схем; висновки за роботою.

Контрольні питання

1. Наведіть загальну конструктивно-функціональну структуру ЕОМ, пояснити загальне призначення БМУ та АЛП.
2. Наведіть порівняльну характеристику АЛП з розподіленою та зосередженою логікою.
3. Приведіть етапи побудови АЛП із розподіленою логікою.
4. Визначіть призначення АЛП у ЕОМ. Наведіть класифікацію АЛП.
5. Визначіть призначення БМУ у ЕОМ, наведіть класифікації БМУ.
6. Поясніть, що розуміють під принципом мікропрограмного управління?
7. Наведіть класифікацію БМУ з точки зору забезпечення тривалості виконання мікрооперацій. Наведіть недоліки і переваги кожного із способів.
8. Як забезпечується тривалість виконання мікрооперацій при асинхронному способі управління виконанням МК у БМУ?
9. Наведіть формат слова мікрокоманди і поясніть призначення кожної із зон.
10. Як визначити довжину зони β_2 при горизонтальному способі мікропрограмування?
11. Назвіть способи формування структури зони β_2 , переваги та недоліки кожного із способів.
12. Як визначити довжину зони β_3 формування управляючих сигналів БМУ при асинхронному способі управління виконанням МК?
13. Назвіть способи формування структури зони β_1 , переваги та недоліки кожного із способів.
14. Як скоротити довжину зони β_1 при застосуванні примусової адресації МК?
15. Наведіть приклад застосування зони β_4 .

Література

1. Жабін В.І., Жуков І.А., Кліменко І.А., Стіренко С.Г. Арифметичні та управляючі пристрої цифрових ЕОМ. Навч. посібник. – К.: ВЕК+, 2008. – С. 56-86.