

Дисциплина

Организация ЭВМ и систем

Преподаватель

Страбыкин Дмитрий Алексеевич

ВВЕДЕНИЕ

1. Компетентностный подход к обучению
 - 1.1 Основные документы
 - 1.2 Компетенции
2. Структура и задачи дисциплины
 - 2.1 Характеристика курса
 - 2.2 Лабораторный практикум

Знать: цель и задачи дисциплины, основные разделы курса, виды занятий и формы контроля знаний, место дисциплины в учебном плане, организацию лабораторного практикума.

Литература:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (**ФГОС ВО**) по направлению подготовки 09.03.01 – Информатика и вычислительная техника.
2. **Основная профессиональная образовательная программа (ОПОП)** (включающая Рабочие учебные планы) по направлению подготовки 09.03.01 – Информатика и вычислительная техника по профилю (направленности):
 1. Вычислительные машины, комплексы, системы и сети.
 2. Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем.
3. **Рабочая программа** по дисциплине "Организация ЭВМ и систем" со списком рекомендуемой литературы.

1 Компетентностный подход к обучению

1.1 Основные документы

1. ФГОС ВО по направлению подготовки 09.03.01 – Информатика и вычислительная техника.
1. Основные профессиональные образовательные программы (ОПОП) по направлению подготовки 09.03.01 – Информатика и вычислительная техника по профилям (направленностям):
 1. Вычислительные машины, комплексы, системы и сети.
 2. Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем.Включающие рабочие учебные планы и графики учебных процессов.
2. Рабочая программа по дисциплине «Организация ЭВМ и систем» со списком рекомендуемой литературы.

1.2 Компетенции

- **Компетенция** – совокупность знаний, умений, навыков, формируемых в процессе обучения дисциплине (модулю), а также способность применять знания, умения, навыки и личностные качества для успешной деятельности в определенной области.
- В Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования (ФГОС ВО) выделяют *общекультурные (ОК), общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные (ПК)* компетенции.

1.2.1 Входные компетенции дисциплины «Организация ЭВМ и систем»

| Дисциплина | Компетенции |
|---|--------------------|
| Дискретная математика | ПК-1, ОПК-5 |
| Информатика | ОПК-2 |
| Математическая логика и теория алгоритмов | ОК-7, ОПК-2 |
| Теория автоматов | ОК-7, ОПК-2 |
| Электротехника и электроника | ПК-3, ПК-7, ПК-8 |

Логические и физические основы построения ЭВМ

(«Знает»)

- **Логические основы построения ЭВМ** – теория логических функций: определение, способы задания, вычисления и минимизации, функционально полные наборы, суперпозиция функций, системы логических функций, логические элементы и логические схемы.
- **Логические основы построения ЭВМ** – теория конечных автоматов: определение, виды, способы задания, абстрактный и структурный синтез автоматов.
- **Физические основы построения ЭВМ** – принципы построения и работы, принципиальные электрические схемы и характеристики, а также временные диаграммы логических элементов и элементов памяти, типовых узлов.

Логический и физические основы построения ЭВМ

(«Умеет»)

- Описывать работу синтезируемого устройства системой логических функций. Переходить от табличного задания логических функций к формулам и наоборот. Минимизировать системы логических функций, строить по формулам логических функций схемы вычисления их значений.
- Описывать работу синтезируемого устройства моделью конечного автомата. Задавать автомат с помощью таблицы, графа, формул и переходить от одной формы задания к другой. Строить граф автомата по граф-схеме микропрограммы. Минимизировать число состояний автомата.
- Переходить от функциональных к принципиальным электрическим схемам устройств в заданной системе элементов, анализировать временные диаграммы работы устройств и рассчитывать время задержки сигнала от входа до выхода, оценивать потребляемую мощность устройства.

Логический и физические основы построения ЭВМ («Владеет»)

- Методами синтеза комбинационных схем с минимальными аппаратными затратами в заданном базисе логических элементов.
- Методами построения функциональной схемы цифрового устройства обработки информации на основе описания его работы с помощью модели конечного автомата. Методами построения функциональной схемы устройства управления по исполняемой им микропрограмме на основе описания его работы с помощью модели конечного автомата.
- Методами построения принципиальных электрических схем устройств в заданной системе элементов по функциональным электрическим схемам.

Арифметические основы построения ЭВМ

- **Знает.** Арифметические основы построения ЭВМ: системы счисления (2,8,16), формы представления информации, методы выполнения арифметических операций и способы ускорения их выполнения.
- **Умеет.** Переводить числа из одной системы счисления в другую, выполнять арифметические операции над числами в форме с фиксированной и плавающей запятой в системах счисления с основаниями: 2,8,16 с выявлением всех видов не корректных завершений.
- **Владеет.** Методами выполнения арифметических операций над числами в форме с фиксированной и плавающей запятой в двоичной системе счисления.

1.2.2 Выходные компетенции дисциплины «Организация ЭВМ и систем»

- **Компетенция ПК-7**
способность проверять техническое состояние вычислительного оборудования и осуществлять необходимые профилактические процедуры
- **Компетенция ОПК-4**
способность участвовать в настройке и наладке программно-аппаратных комплексов

Выходная компетенция ПК-7

- **Знает.** Структуры и алгоритмы функционирования вычислительных устройств (ВУ) и процессоров ЭВМ. Методы анализа аппаратных средств ЭВМ.
- **Умеет.** Проверять корректность функционирования ВУ и процессоров ЭВМ по тактам при выполнении микропрограмм и программ (используя диалоговые системы управления исследуемыми объектами).
- **Владеет.** Методикой проведения исследований функционирования ВУ и процессоров ЭВМ (используя диалоговые системы управления исследуемыми объектами).

Выходная компетенция ОПК-4 («Знает»)

- Основы построения вычислительных устройств.
- Запоминающие устройства: адресные, типа стек и магазин, ассоциативные.
- Основные виды периферийных устройств (включая 3D).
- Построение процессоров ЭВМ: архитектуры, структуры и рабочие циклы процессоров различных видов ЭВМ. Суперконвейерные и суперскалярные процессоры; системы прерывания программ.
- Организацию памяти вычислительных систем. Виртуальную память; защиту памяти; особенности организации памяти в процессорах Pentium и Itanium.
- Основы построения параллельных ЭВМ. Вычислительные системы с явным параллелизмом команд.

Выходная компетенция ОПК-4 («Умеет»)

- Разрабатывать структурную схему, алгоритм рабочего цикла ВУ и микропрограммы для выполнения заданных операций.
- Разрабатывать структурные схемы устройств управления с программируемой логикой для заданных микропрограмм.
- Строить функциональную схему ЗУ заданного вида с необходимой разрядностью и емкостью.
- Разрабатывать структурную схему и микропрограмму командного цикла процессора для заданной архитектуры ЭВМ и требованиям к системе прерываний программ.

Выходная компетенция ОПК-4 («Владеет»)

- Методами расчета быстродействия (времени выполнения микроопераций, микрокоманд, микропрограмм, операций, команд) и аппаратурных затрат процессоров, ВУ, операционных устройств и устройств управления с программируемой логикой.
- Способами преобразования структур и микропрограмм операционных устройств, устройств управления с программируемой логикой и процессоров с целью повышения их быстродействия (включая конвейерное выполнение микрокоманд, операций и команд) и сокращения аппаратурных затрат (в том числе с помощью функциональной интеграции).

2 Структура и задачи дисциплины

2.1 Характеристика курса

2.1.1 Цель дисциплины: формирование у студентов компетенций, закрепленных за дисциплиной, путем изучения систематизированных знаний по предмету курса, привития умений по анализу и синтезу основных устройств ЭВМ и вычислительных систем.

2.1.2 Задачи дисциплины анализ принципов организации и функционирования, а также методов проектирования:

- операционных устройств (ОУ),
- устройств управления (УУ),
- запоминающих устройств (ЗУ),
- вычислительных устройств (ВУ),
- периферийных устройств (ПУ),
- процессоров (ПР),
- вычислительных машин (ВМ);
- вычислительных систем (ВС).

2.1.3 Место дисциплины в рабочем учебном плане

| Семестры | | | |
|--------------------------|--|--|---|
| 4 | 5 | 6 | 7 |
| Схемотехника ЭВМ | Системное программное обеспечение | Базы данных | Операционные системы |
| Организация ЭВМ и систем | | Проектирование ЭВМ / Разработка модулей системного ПО | Высокопроизводительные вычислительные комплексы |
| Теория автоматов | Проектирование цифровых устройств / Разработка программных систем | Организация памяти ЭВМ | Сети ЭВМ и телекоммуникации |

2.1.4 Тематический план курса

| Содержание раздела | Лекции (час.) | ПЗ (час.) | ЛР (час.) |
|---|--------------------------|----------------------|----------------------|
| <i>Семестр 4</i> | | | |
| 1. Введение | 1 | | |
| 2. Операционные устройства | 3 | 2 | 4 |
| 3. Запоминающие устройства | 4 | 2 | |
| 4. Устройства управления | 4 | 4 | 4 |
| 5. Вычислительные устройства | 8 | 6 | 10 |
| 6. Периферийные устройства | 6 | | |
| 7. Процессоры | 10 | 4 | |
| <i>Итого в 4 семестре (зачет):</i> | <i>36</i> | <i>18</i> | <i>18</i> |

Тематический план курса (семестр 5)

| Содержание раздела | Лекции (час.) | ПЗ (час.) | ЛР (час.) |
|----------------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
| 7. Вычислительные машины | 6 | 8 | 12 |
| 8. Вычислительные системы (ВС) | 2 | | |
| 9. ВС: системы прерывания | 6 | 6 | 6 |
| 10. ВС: организация ввода-вывода | 4 | | |
| 11. ВС: организация памяти | 6 | | |
| 12. Высокопроизводительные ВС | 6 | 2 | |
| 13. ВС: явный параллелизм команд | 5 | 2 | |
| 14. Заключение | 1 | | |
| <i>Всего:</i> | <i>36</i> | <i>18</i> | <i>18</i> |
| ИТОГО (экзамен): | 72 | 36 | 36 |

2.2 Лабораторный практикум

2.2.1 Состав лабораторных работ

*Часть 1. Устройства
с микропрограммным
уровнем управления.*

Лабораторные работы:

- ОУ;
- УУ;
- ВУ.

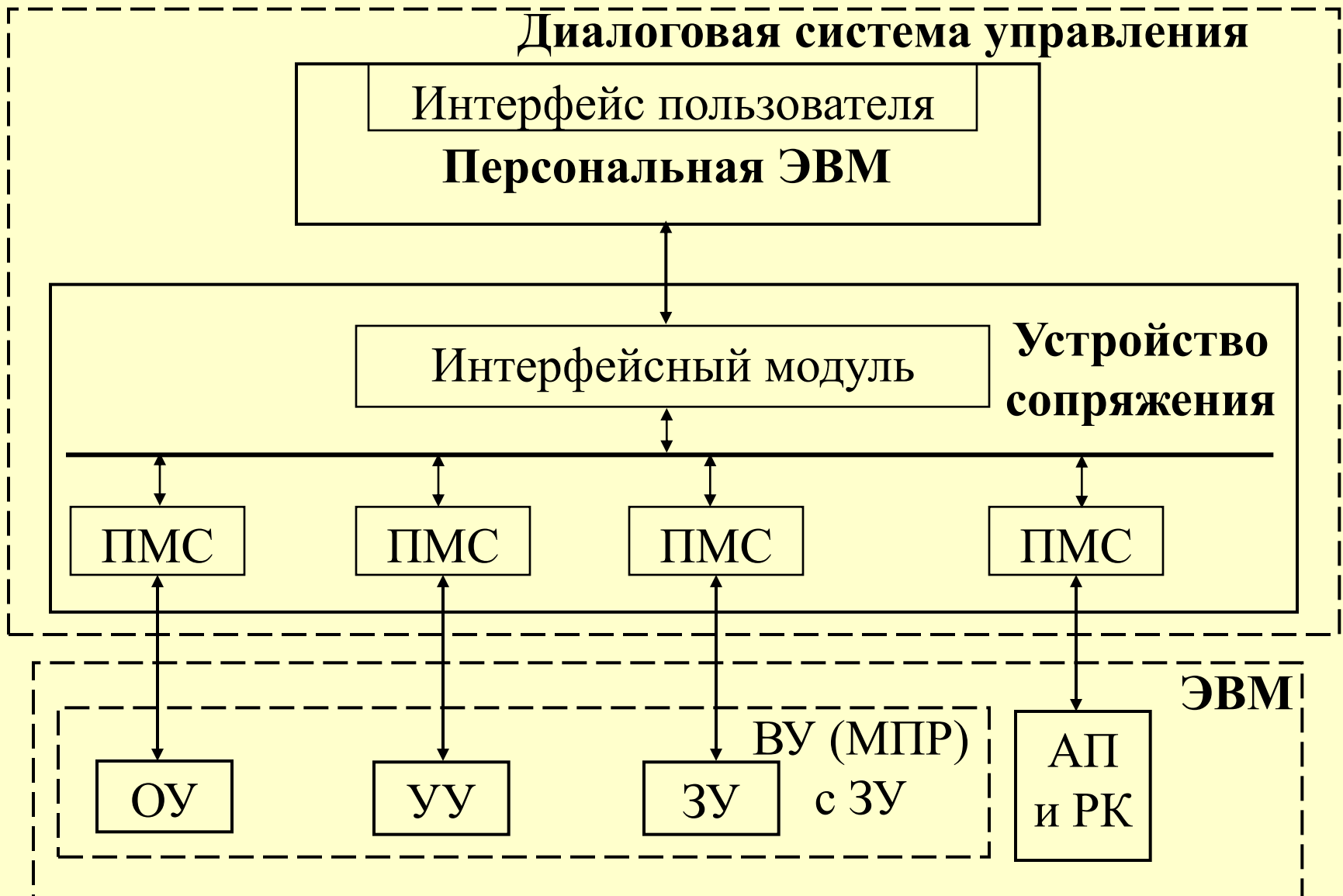
*Часть 2. Устройства
с программным
уровнем управления.*

Лабораторные работы:

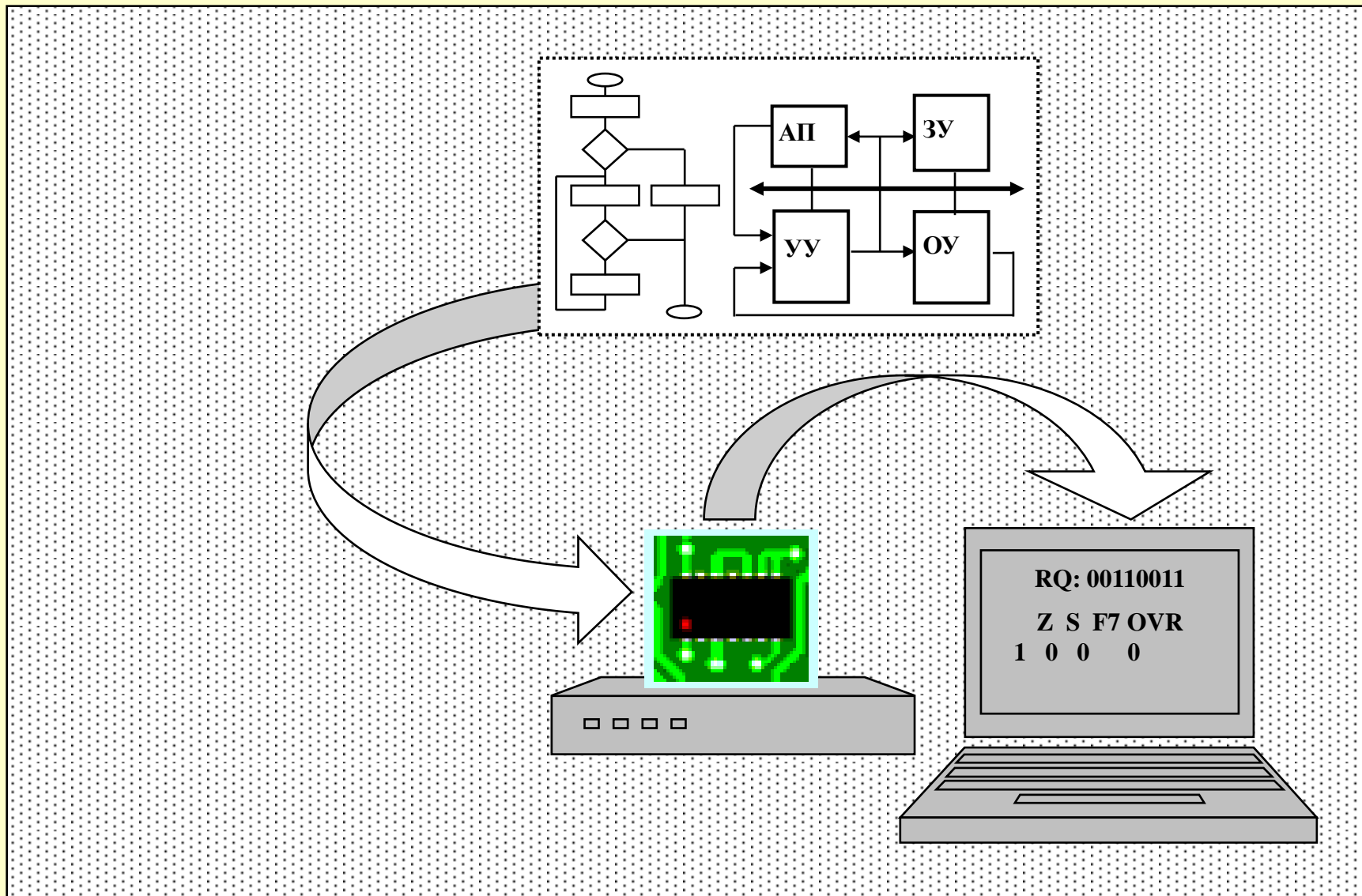
- учебная ЭВМ (МЭ);
- система адресации МЭ;
- система прерывания МЭ.

2.2.2 Лабораторные установки на основе ДСУ

Структура лабораторных установок



Схематичное изображение современной лабораторной установки



Функции программного обеспечения ПЭВМ

- Подача управляющих сигналов в модуль исследуемого устройства (МИУ)
- Прием осведомительных сигналов из МИУ
- Копирование состояния внутренних регистров (ячеек памяти) МИУ после каждого такта (цикла) работы
- Организация работы МИУ по тактам и в автоматическом режиме
- Обеспечение предварительного ввода пользователем управляющих воздействий (сигналов, микропрограмм, программ)
- Вывод на экран текущего и нового состояния МИУ после каждого такта (цикла) работы
- Запись и считывание с диска введенных микропрограмм (программ) и данных

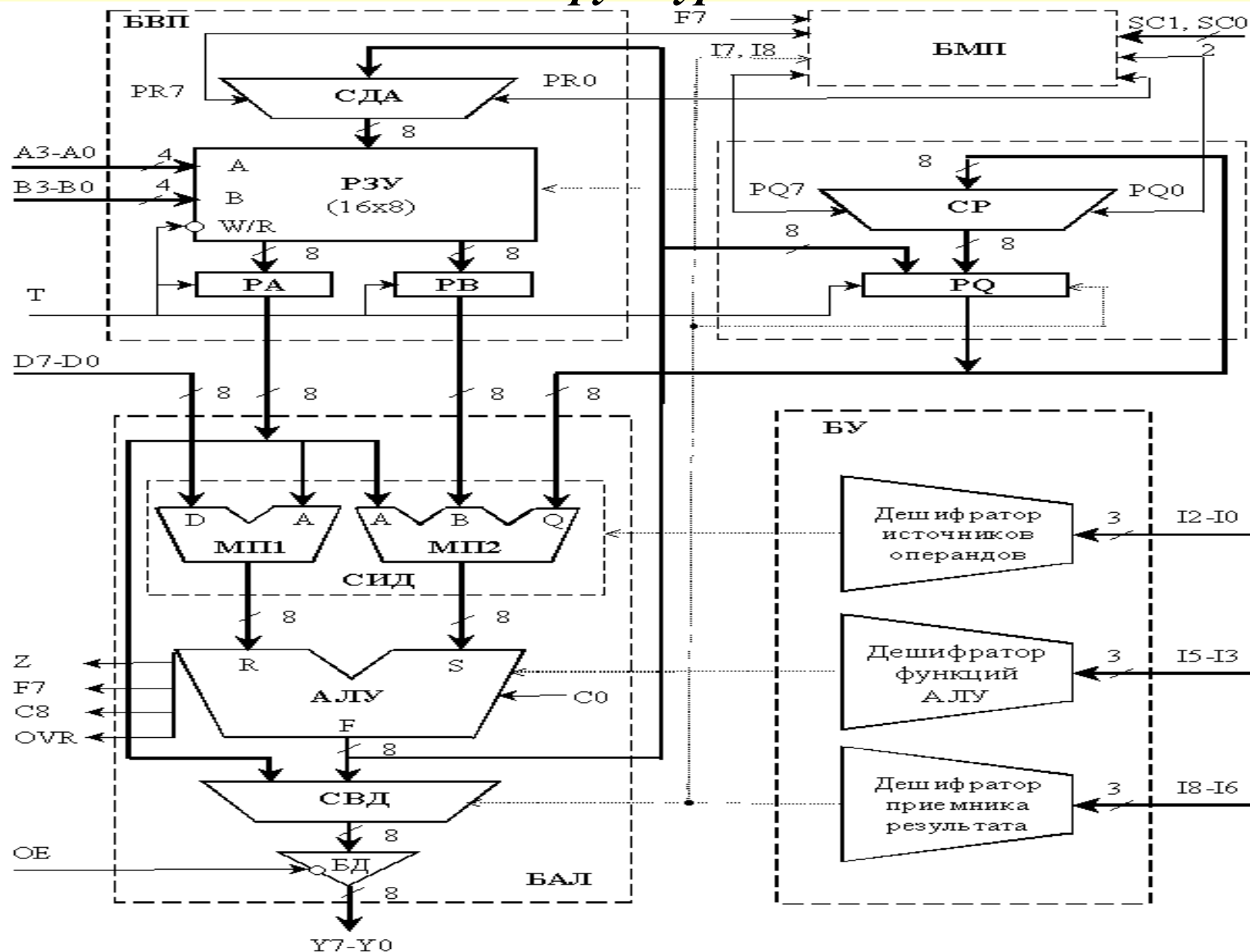
*Программное обеспечение вариантов лабораторных установок**

- "Имитатор операционного устройства" – для лабораторной работы по исследованию ОУ.
- "Имитатор устройства управления" – для лабораторной работы по исследованию УУ.
- "Имитатор микропрограммируемого микропроцессора" – для лабораторных работ по исследованию ВУ с ЗУ и разработке учебной ЭВМ.
- "Имитатор микропрограммируемой микроЭВМ" – для лабораторных работ по исследованию системы адресации и системы прерывания программ ЭВМ.

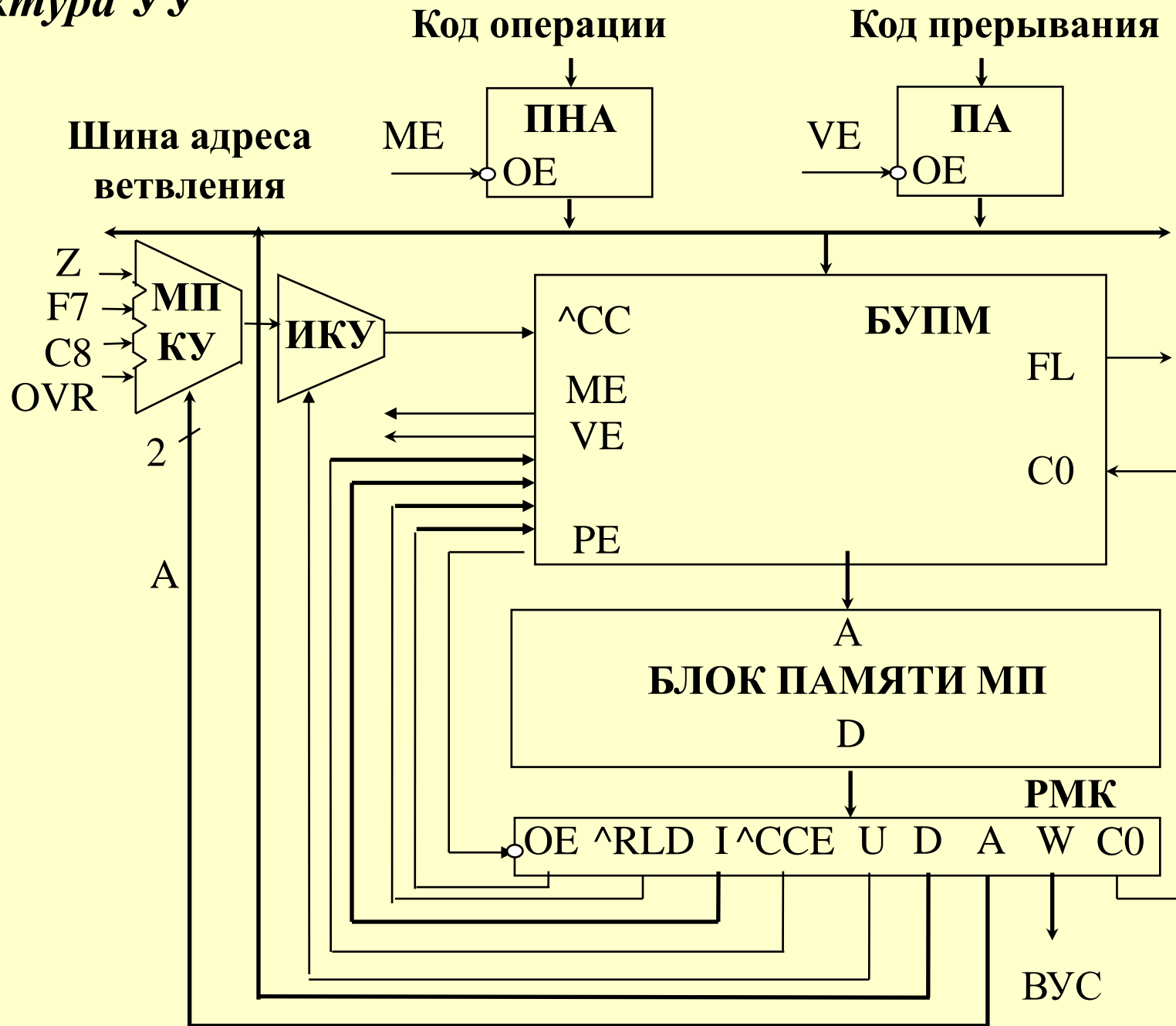
* Страбыкин Д.А. Экспериментальное исследование микропроцессорных устройств с помощью диалоговых систем управления. Микропроцессорные средства и системы. – 1987. – № 4. – С. 62–64.

Моделируемые структуры

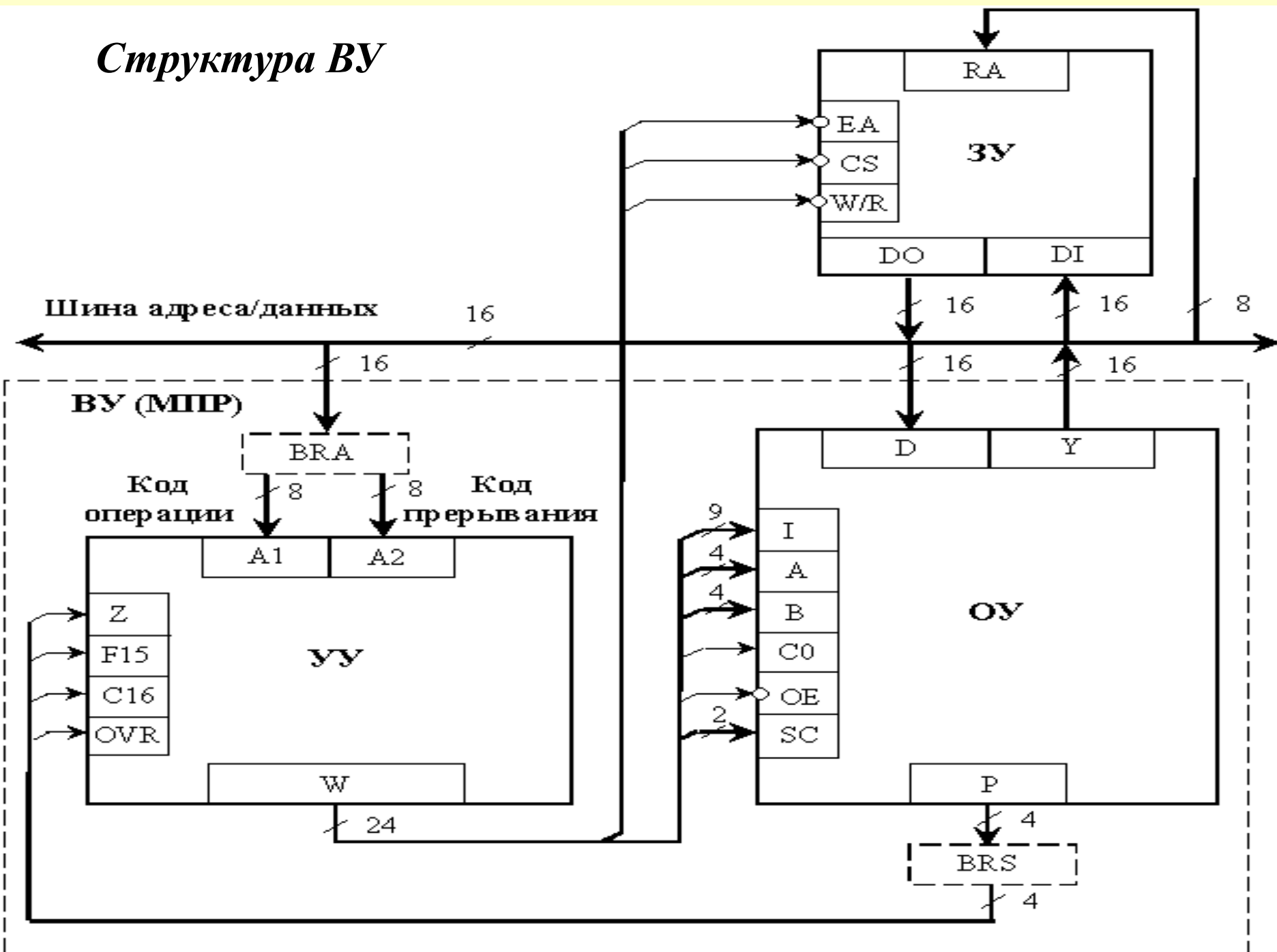
Структура ОУ



Структура УУ

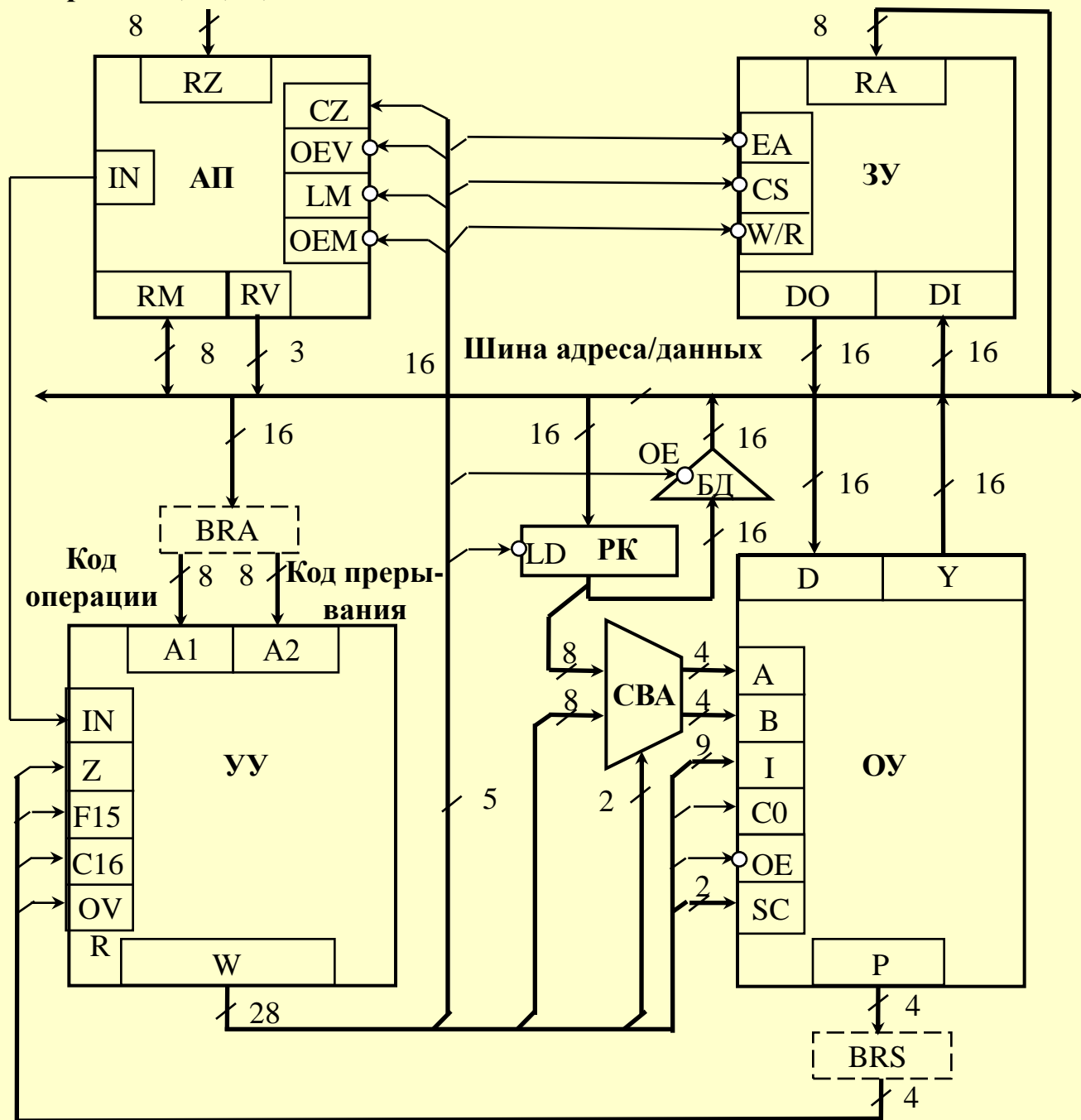


Структура ВУ



Структура ЭВМ

Запросы Z7, Z6, ..., Z0



2.2.3 Управление лабораторной установкой

Окно выполнения микрокоманд (ЭВМ)

Имитатор микропрограммируемой микроЭВМ - H:\DAS\Кафедра\Ка...

Файл Редактирование Режим Выполнить Скорость ?

ОУ и УУ ОЗУ, ПНА и ПА Настройки

№ МИ РЗУ Упр. АЛУ Упр. ОЗУ Шина МИ Упр. усл. Упр. УУ Упр. РГК

МК I8-0 A B C0 ^OE SC ^CS ^W ^EA D11-0 I3-0 A U ^CCE C0 ^RLD ^OE MS12 ^LD ^OE

01: 533 0 E 0 0 00 1 1 1 001 9 000 0 0 1 1 0 00 1

RE - сдвиг вправо; PA/ЦЦ:=PA/ЦЦ-1

Операция: R V S R=0 S=B Хранение МИ: RPCT Условие: ^Z

Сдвиги: PЗУ: >> PQ: x Загрузка: PЗУ: F/2->B PQ: нет Выход АЛУ (Y): F

До выполнения микрокоманды 00:

РЗУ (R0-R7):

| | |
|----|------------------|
| 0: | 0000000000000000 |
| 1: | 0000000000000000 |
| 2: | 0000000000000000 |
| 3: | 0000000000000000 |
| 4: | 0000000000000000 |
| 5: | 0000000000000000 |
| 6: | 0000000000000000 |
| 7: | 0000000000000000 |

РЗУ (R8-R15):

| | |
|-----|------------------|
| 8: | 0000000000000000 |
| 9: | 0000000000000000 |
| 10: | 0000000000000000 |
| 11: | 0000000000000000 |
| 12: | 0000000000000000 |
| 13: | 0000000000000000 |
| 14: | 0111111111111111 |
| 15: | 0000000000000000 |

Y: 1111111111111111 PQ: 0000000000000000

Z 0 F15 1 OVR 0 C16 0 PR0 1 PR15 0 PQ0 0 PQ15 0

Шина Y: 000000000000 =>0: Стек

PCMК: 000000000001

PA/ЦЦ: 000000000110

^PE 0 ^ME 1 ^VE 1 ^FL 1

РГК: 0000000000000000

После выполнения микрокоманды 00:

РЗУ (R0-R7):

| | |
|----|------------------|
| 0: | 0000000000000000 |
| 1: | 0000000000000000 |
| 2: | 0000000000000000 |
| 3: | 0000000000000000 |
| 4: | 0000000000000000 |
| 5: | 0000000000000000 |
| 6: | 0000000000000000 |
| 7: | 0000000000000000 |

РЗУ (R8-R15):

| | |
|-----|------------------|
| 8: | 0000000000000000 |
| 9: | 0000000000000000 |
| 10: | 0000000000000000 |
| 11: | 0000000000000000 |
| 12: | 0000000000000000 |
| 13: | 0000000000000000 |
| 14: | 0111111111111111 |
| 15: | 0000000000000000 |

Y: 1111111111111111 PQ: 0000000000000000

Z 0 F15 1 OVR 0 C16 0 PR0 1 PR15 0 PQ0 0 PQ15 0

Шина Y: 000000000001 =>0: Стек

PCMК: 000000000010

PA/ЦЦ: 000000000110

^PE 0 ^ME 1 ^VE 1 ^FL 1

РГК: 0000000000000000

Окно ввода микрокоманд (ЭВМ)

Имитатор микропрограммируемой микроЭВМ - H:\DAS\Кафедра\Ка...

Файл Редактирование Режим Выполнить Скорость ?

ОУ и УУ ОЗУ, ПНА и ПА Настройки

2/8/16сс

| № | МИ | РЗУ | | Упр. АЛУ | | | Упр. ОЗУ | | | Шина | МИ | Упр. усл. | | Упр. УУ | | | Упр. ПКК | | | |
|-----|------|-----|---|----------|-----|----|----------|----|-----|-------|------|-----------|---|---------|----|------|----------|------|-----|-----|
| МК | I8-0 | A | B | CO | ^OE | SC | ^CS | ^W | ^EA | D11-0 | I3-0 | A | U | ^CCE | CO | ^RLD | ^OE | MS12 | ^LD | ^OE |
| 00: | 571 | E | E | 0 | 0 | 00 | 1 | 1 | 1 | 006 | C | 000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 00 | 1 | |
| 01: | 533 | 0 | E | 0 | 0 | 00 | 1 | 1 | 1 | 001 | 9 | 000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 00 | 1 | |
| 02: | 143 | 0 | 6 | 0 | 0 | 00 | 1 | 1 | 0 | 000 | E | 000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 00 | 1 | |
| 03: | 337 | 0 | 6 | 0 | 1 | 00 | 0 | 1 | 1 | 000 | E | 000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 00 | 1 | |
| 04: | 203 | 6 | 6 | 1 | 0 | 00 | 1 | 1 | 0 | 000 | E | 000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 00 | 1 | |
| 05: | 337 | 0 | C | 0 | 1 | 00 | 0 | 1 | 1 | 007 | 3 | 001 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 00 | 0 | |
| 06: | 345 | E | F | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | 2 | 000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 00 | 1 | |
| 07: | 345 | E | F | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 003 | C | 000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 00 | 1 | |
| 08: | 533 | 0 | C | 0 | 0 | 00 | 1 | 1 | 1 | 008 | 9 | 000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 00 | 1 | |
| 09: | 131 | C | C | 0 | 0 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | 2 | 000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 00 | 0 | |
| 0A: | 343 | 0 | 7 | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 000 | E | 000 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 00 | 1 | |
| 0B: | 133 | 0 | 0 | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 00E | 3 | 000 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 01 | 1 | |
| 0C: | 133 | 0 | 0 | 0 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 004 | 3 | 001 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 01 | 1 | |
| 0D: | 503 | 0 | 7 | 1 | 1 | 01 | 1 | 1 | 1 | 004 | 3 | 000 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 00 | 1 | |
| 0E: | 303 | 0 | 7 | 1 | 1 | 00 | 1 | 1 | 1 | 004 | 3 | 000 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 00 | 1 | |
| 0F: | ... | . | . | . | . | .. | . | . | . | ... | . | ... | . | . | . | . | . | .. | . | |

RE - сдвиг вправо; PA/ЦЦ:=PA/ЦЦ-1

Операция: R V S R=0 S=B Хранение МИ: RPCT Условие: ^Z

Сдвиги: РЗУ: >> PQ: x Загрузка: РЗУ: F/2->B PQ: нет Выход АЛУ (Y): F

Окно ввода команд и данных (ЭВМ)

Имитатор микропрограммируемой микроЭВМ - H:\DAS\Кафедра\Ка...

Файл Редактирование Режим Выполнить Скорость ?

ОУ и ОУ ОЗУ, ПНА и ПА Настройки

ОЗУ

| ОЗУ | Комментарии |
|----------|------------------|
| 00: 0006 | SA..... |
| 01: 00FF | ASP..... |
| 02: 0017 | AM..... |
| 03: 0002 | N..... |
| 04: 0004 | S..... |
| 05: 0000 | Q..... |
| 06: B801 | LD SP SAP..... |
| 07: B502 | LD RAM AMM..... |
| 08: B403 | LD RN AN..... |
| 09: 0233 | SUB RS RS..... |
| 0A: 0222 | SUB RQ RQ..... |
| 0B: 1015 | LDI RY (RAM)+... |
| 0C: 0613 | BEQ M1..... |
| 0D: 1005 | LDI RX (RAM)+... |
| 0E: 8920 | CALL AD..... |
| 0F: 0131 | ADD RS RZ..... |
| 10: A401 | SB RN "1"..... |
| 11: 0614 | BEQ M2..... |
| 12: 050B | BR M3..... |
| 13: A201 | SB RQ "1"..... |
| 14: C304 | MU RS AS..... |

ПНА

| |
|--------|
| 00: 2F |
| 01: 1F |
| 02: 1E |
| 03: 27 |
| 04: 29 |
| 05: 2C |
| 06: 2B |
| 07: 2D |
| 08: 30 |
| 09: 20 |
| 0A: 21 |
| 0B: 1A |
| 0C: 1C |
| 0D: 20 |
| 0E: 00 |
| 0F: 00 |
| 10: 22 |
| 11: 37 |
| 12: 33 |
| 13: 00 |
| 14: 00 |

ПА

| |
|--------------|
| 00: 00000000 |
| 01: 00000000 |
| 02: 00000000 |
| 03: 00000000 |
| 04: 00000000 |
| 05: 00000000 |
| 06: 00000000 |
| 07: 00000000 |
| 08: 00000000 |
| 09: 00000000 |
| 10: 00000000 |
| 11: 00000000 |
| 12: 00000000 |
| 13: 00000000 |
| 14: 01111111 |
| 15: 00000000 |

РЗУ

| |
|----------------------|
| 0: 0000000000000000 |
| 1: 0000000000000000 |
| 2: 0000000000000000 |
| 3: 0000000000000000 |
| 4: 0000000000000000 |
| 5: 0000000000000000 |
| 6: 0000000000000000 |
| 7: 0000000000000000 |
| 8: 0000000000000000 |
| 9: 0000000000000000 |
| 10: 0000000000000000 |
| 11: 0000000000000000 |
| 12: 0000000000000000 |
| 13: 0000000000000000 |
| 14: 0111111111111111 |
| 15: 0000000000000000 |

PQ: 0000000000000000

Литература

Основная литература

- Орлов, С. А. Организация ЭВМ и систем. Учебник для вузов. / Орлов С. А., Цилькер, Б. Я. – СПб. : Питер, 2011. – 668 с.
(Допущено Министерством образования и науки РФ в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника»).
- Новожилов, О. П. Архитектура ЭВМ и систем : учеб. для бакалавров : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 230100 «Информатика и вычислительная техника» / О. П. Новожилов. – Москва : Юрайт, 2012. – 527 с.

Дополнительная литература

- Страбыкин Д. А. Организация ЭВМ: Лабораторный практикум на компьютерах: учебное пособие / Д. А. Страбыкин. – 3-е изд. доп. – Киров ФБГОУ ВПО «ВятГУ», 2013. – 162 с.

Литература (продолжение)

- Паттерсон Д. Архитектура компьютера и проектирование компьютерных систем. Классика Computers Science. / Паттерсон Д., Хеннесси Дж. – 4-е изд. – СПб. : Питер, 2012. – 784 с.
- Бакшаев, Анатолий Михайлович. Организация памяти ЭВМ: Учеб. пособие / Бакшаев, Анатолий Михайлович; ВятГТУ, ФАВТ, каф. ЭВМ. – Киров, 2000. – 140с.
- Жмакин А.П. Архитектура ЭВМ: Учеб. Пособие / Жмакин А.П. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006 . – 320 с.
- Мельцов, Василий Юрьевич. Высокопроизводительные вычислительные системы: Учеб. пос. / Мельцов, Василий Юрьевич, Фоминых, Леонид Федорович; ВятГУ, ФАВТ, каф. ЭВМ. – Киров, 2002. – 159 с.

Литература (окончание)

- Пятибратов, Александр Петрович. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учеб. для вузов / Пятибратов, Александр Петрович, Гудыно, Лев Петрович, Кириченко, Александр Апполонович. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Финансы и статистика, 2001, 2002. – 512 с.
- Страбыкин, Дмитрий Алексеевич. Организация машин параллельного логического вывода: Учеб. пособие / Страбыкин, Дмитрий Алексеевич; ВятГТУ, ФАВТ, каф. ЭВМ. – Киров, 1999. – 189 с.
- Горнец, Николай Николаевич. Организация ЭВМ и систем : учеб. / Н. Н. Горнец, А. Г. Рощин, В. В. Соломенцев. – М. : Академия, 2006. – 320 с.
- Древс, Юрий Георгиевич. Организация ЭВМ и вычислительных систем : учебник / Ю. Г. Древс. – М. : Высш. шк., 2006. – 501 с.