

# Лекция

Тема: **Архитектура памяти  
компьютеров**

- **Памятью компьютера называют совокупность устройств, служащих для запоминания, хранения и выдачи данных**
- **В современных компьютерах одновременно используется несколько типов ЗУ, отличающихся принципом действия, характеристиками и назначением**
- **Функция – хранение данных**
- **Основные операции памяти:**
  - **запись** - занесение данных в память;
  - **чтение** - выборка данных из памяти.

# Характеристики запоминающих устройств

- **Размещение**

**Внутренняя память:**

- **оперативная память;**
- **регистровая память процессора.**

**Внешняя память:**

- **периферийные запоминающие устройства ( диски, ленты).**



- **Емкость памяти** – максимальное количество данных, которые могут в ней храниться

Емкость внутренней памяти измеряется в **Кбайтах, Мбайтах и Гбайтах**

Емкость внешней памяти измеряется в **Мбайтах и Гбайтах**



- **Модуль передачи**

**Для внутренней памяти** – число байт данных, считываемых или записываемых в устройство памяти

**Для внешней памяти** – данные перемещаются в памяти модулями, называемыми блоками



- **Быстродействие памяти**

**При чтении** - это время,  
затрачиваемое на поиск данных в  
памяти и на их считывание

$$t_{\text{обр}}^{\text{счит}} = t_{\text{дост}}^{\text{счит}} + t_{\text{счит}},$$

# Быстродействие памяти

- $t_{\text{дост}}^{\text{счит}}$  – время доступа, которое определяется промежутком времени между моментом начала операции обращения при считывании до момента, когда становится возможным доступ к искомому данным;
- $t_{\text{счит}}$  – продолжительность самого физического процесса считывания.



- В некоторых устройствах памяти считывание данных сопровождается их стиранием
- В таких случаях цикл обращения должен содержать операцию восстановления (регенерации) считанных данных на прежнем месте в памяти





- **При записи** – это время на поиск места в памяти, предназначенного для хранения данных и на их запись

$$t_{\text{обр}}^{\text{зан}} = t_{\text{дост}}^{\text{зан}} + t_{\text{подг}} + t_{\text{зан}}$$



- $t_{\text{дост}}^{\text{зан}}$  – время доступа при записи;
- $t_{\text{подг}}$  – время подготовки, необходимое для приведения в исходное состояние запоминающих элементов или участков поверхности носителя данных для записи;
- $t_{\text{зан}}$  – время занесения данных.



- **Продолжительности цикла обращения к памяти**

$$t_{\text{обр}} = \max(t_{\text{обр}}^{\text{счит}}, t_{\text{обр}}^{\text{зап}}).$$



- **Способ организации доступа к устройствам памяти**
- **Непосредственный или произвольный доступ**
  - Цикл обращения не зависит от места расположения участка памяти, к которому требуется доступ при записи или считывании данных
  - Каждая адресуемая ячейка в памяти имеет уникальный, физически реализуемый механизм адресации
    - например, оперативная память**
    - время доступа - десятки наносекунд

# Способ организации доступа к устройствам памяти

- **прямой доступ**

- например, устройства на жестких дисках;
- благодаря непрерывному вращению носителя данных возможность обращения к некоторому участку носителя для считывания или записи циклически повторяется;
- время доступа переменное и составляет обычно от нескольких десятков миллисекунд до долей секунды.

# Способ организации доступа к устройствам памяти

- **Последовательный доступ**

например, ЗУ на магнитных лентах;

- производится **последовательный** просмотр участков носителя данных, пока нужный участок носителя не займет некоторое исходное положение;
- время доступа в таких ЗУ может достигать **нескольких секунд**

# Способ организации доступа к устройствам памяти

## - ассоциативный доступ

например, ассоциативный кэш.

- Каждая ячейка имеет собственный механизм адресации
- Время поиска постоянно и не зависит от расположения ячейки и предшествующих обращений



- **Функции обращения к памяти**

**RAM –random access memory - память с произвольным обращением**

- считывание;
- запись.

**ROM –read only memory - память только для считывания данных**

- считывание;
- запись данных в постоянную память производится в процессе ее изготовления или настройки





- **Физические характеристики**

### **Энергозависимая память**

В энергозависимой памяти, данные теряются, когда компьютер выключается

- оперативная память, кэш

### **Энергонезависимая память**

В энергонезависимой памяти записанные данные сохраняются без изменений, пока преднамеренно не будут изменены

- магнито - поверхностные блоки памяти;
- ROM

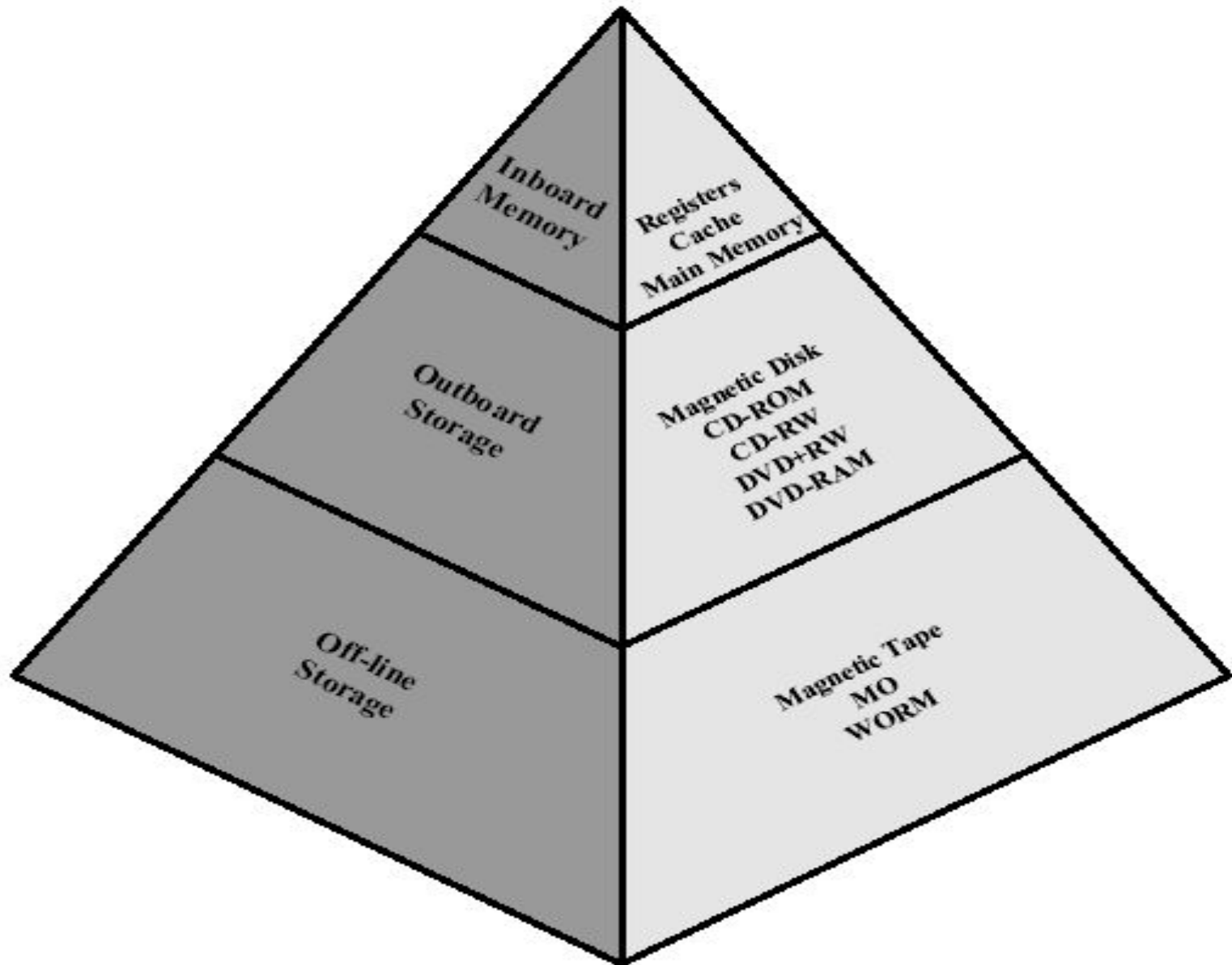


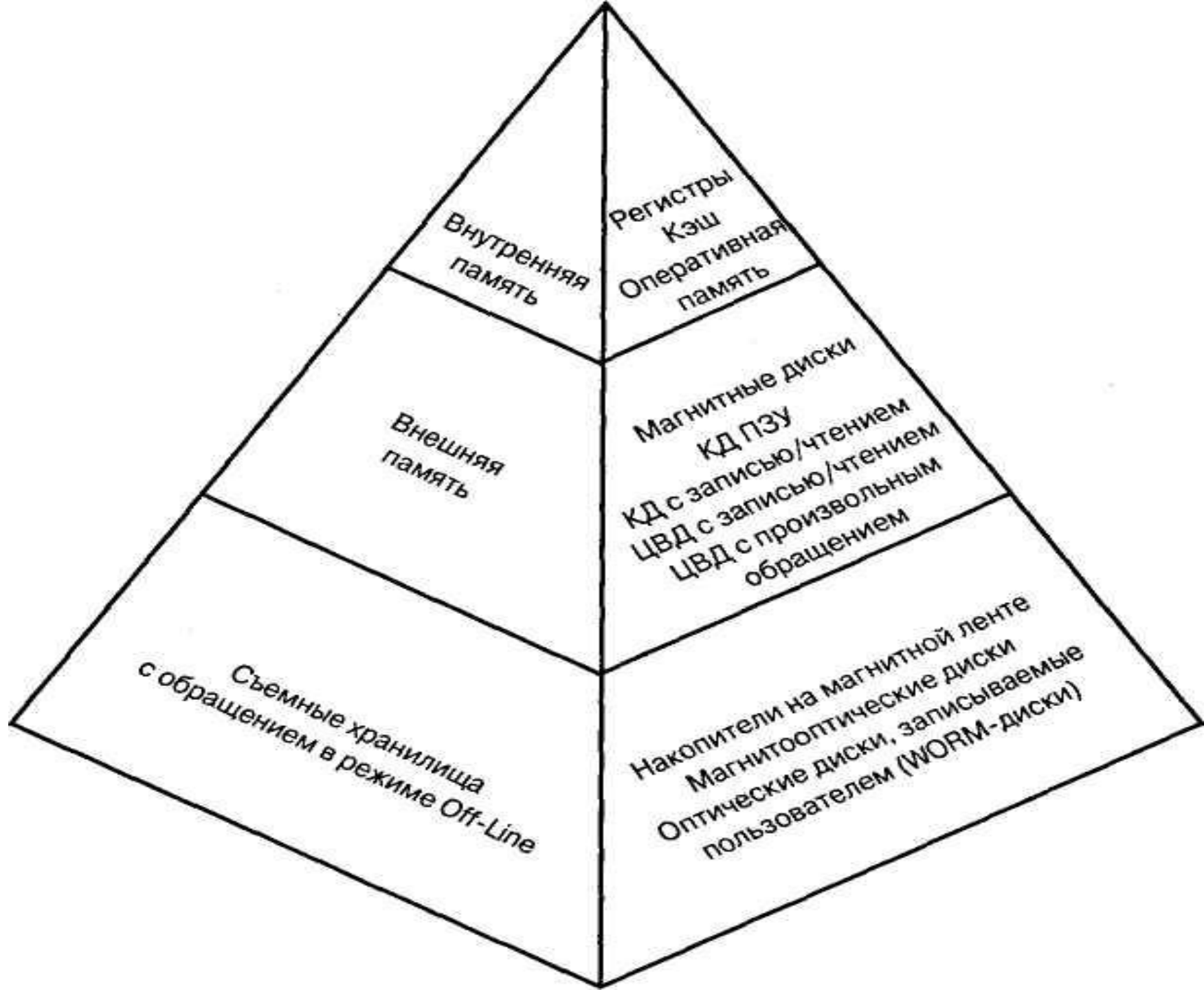
- **Стоимостная характеристика** памяти обычно выражается в стоимости хранения одного бита данных
- Как правило, стоимость на бит в регистровой памяти или в кэше значительно выше стоимости на бит дисковой памяти



- Для современного спектра технологий характерным является:
  - чем меньше время доступа, тем больше стоимость на бит;
  - чем больше емкость, тем меньше стоимость на бит;
  - чем больше емкость, тем больше время доступа.

# Иерархия памяти

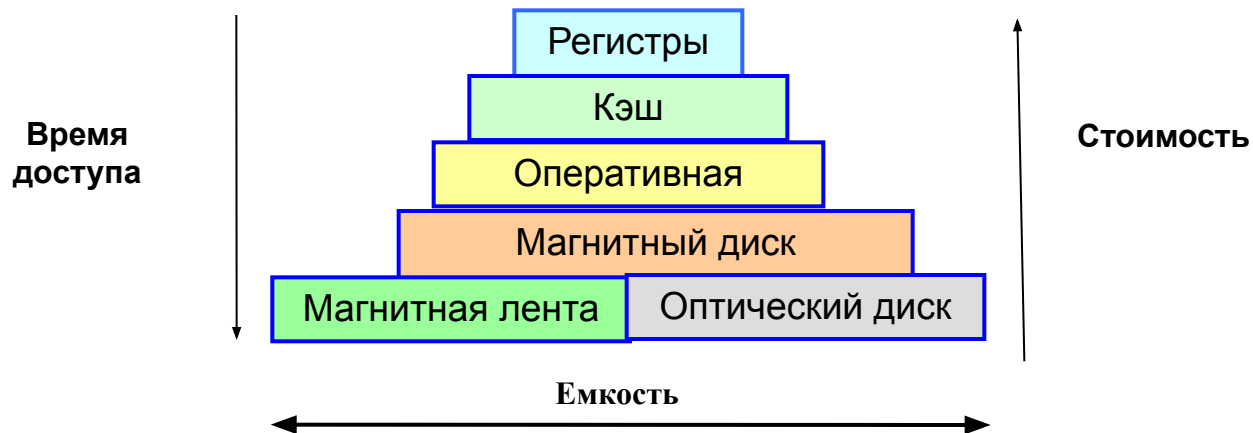




# Уровни иерархии памяти

- **Внутренняя память**
  - регистры, кэш и оперативная память
- **Внешняя память**
  - магнитные диски, CD-R, CD-RW, DVD-RW, DVD-RAM
- **Съемные хранилища с обращением в режиме Off-Line**
  - накопители на магнитной ленте;
  - магнитооптические диски, оптические диски, записываемые пользователем

# Иерархическая организация памяти компьютеров



# Иерархическая организация памяти компьютеров

- **При каждом переходе от верхнего уровня памяти к нижнему происходит следующее:**
  - уменьшение стоимости бита,
  - увеличение емкости,
  - увеличение времени доступа,
  - уменьшение частоты обращений к памяти со стороны ЦП





# Регистровая память

- Основное назначение - согласование пропускной способности процессора и запоминающих устройств
- Она имеет высокое быстродействие, но емкость ее ограничивается несколькими десятками регистров



# Кэш-память

- используется для промежуточного хранения читаемых процессором из ОП участков программы и блоков данных
- Емкость - несколько десятков или сотен Кбайт



# Пример

- Процессор может обращаться к памяти двух уровней. Время доступа к памяти первого уровня составляет  $T_1 = 0.1$  мкс., а время доступа к памяти второго уровня составляет  $T_2 = 1$  мкс. При этом, если слово читается из памяти второго уровня, то сначала оно записывается в память первого уровня, а затем извлекается в процессор. Задана вероятность попадания запросов в память первого уровня  $P = 0.95$ .
- Необходимо вычислить среднее время обращения к интегрированной подсистеме памяти.



Для решения задачи воспользуемся формулой:

$$T_{\text{ср}} = T_1 \times P + (T_1 + T_2) \times (1 - P)$$

Подставим в формулу значения параметров и вычислим среднее время выборки одного слова из подсистемы памяти:

$$T_{\text{ср}} = 0.1 \text{ мкс} \times 0.95 + (0.1 \text{ мкс} + 1 \text{ мкс}) \times (1 - 0.95) = 0.15 \text{ мкс}$$



# Оперативная память

***Оперативной памятью*** называют устройство, которое служит для хранения данных, программ, промежуточных и конечных результатов обработки, непосредственно используемых при выполнении операций в АЛУ и УУ процессора.



# Оперативная память

- реализуется на микросхемах статических и динамических запоминающих устройств с произвольной выборкой
- Микросхемы статических устройств имеют меньшее время доступа и не требуют циклов регенерации
- Микросхемы динамических устройств характеризуются большей емкостью и меньшей стоимостью, но требуют схем регенерации и имеют большее время доступа



# Оперативная память

- Дополнительным требованием организации динамической памяти является необходимость периодической регенерации ее состояния
- При этом все биты в строке могут регенерироваться одновременно в пределах определенного временного интервала порядка 8 миллисекунд
- Поэтому контроллеры памяти включают в свой состав аппаратуру для периодической регенерации микросхем динамической памяти.



# Оперативная память

- В отличие от динамических, **статические элементы памяти не требуют регенерации и время доступа к ним совпадает с длительностью цикла**
- Для микросхем, использующих примерно одну и ту же технологию, **плотность размещения элементов динамической памяти примерно в 8 раз превышает плотность статических**
- Но статические элементы имеют в 16 раз меньшую длительность цикла и большую стоимость

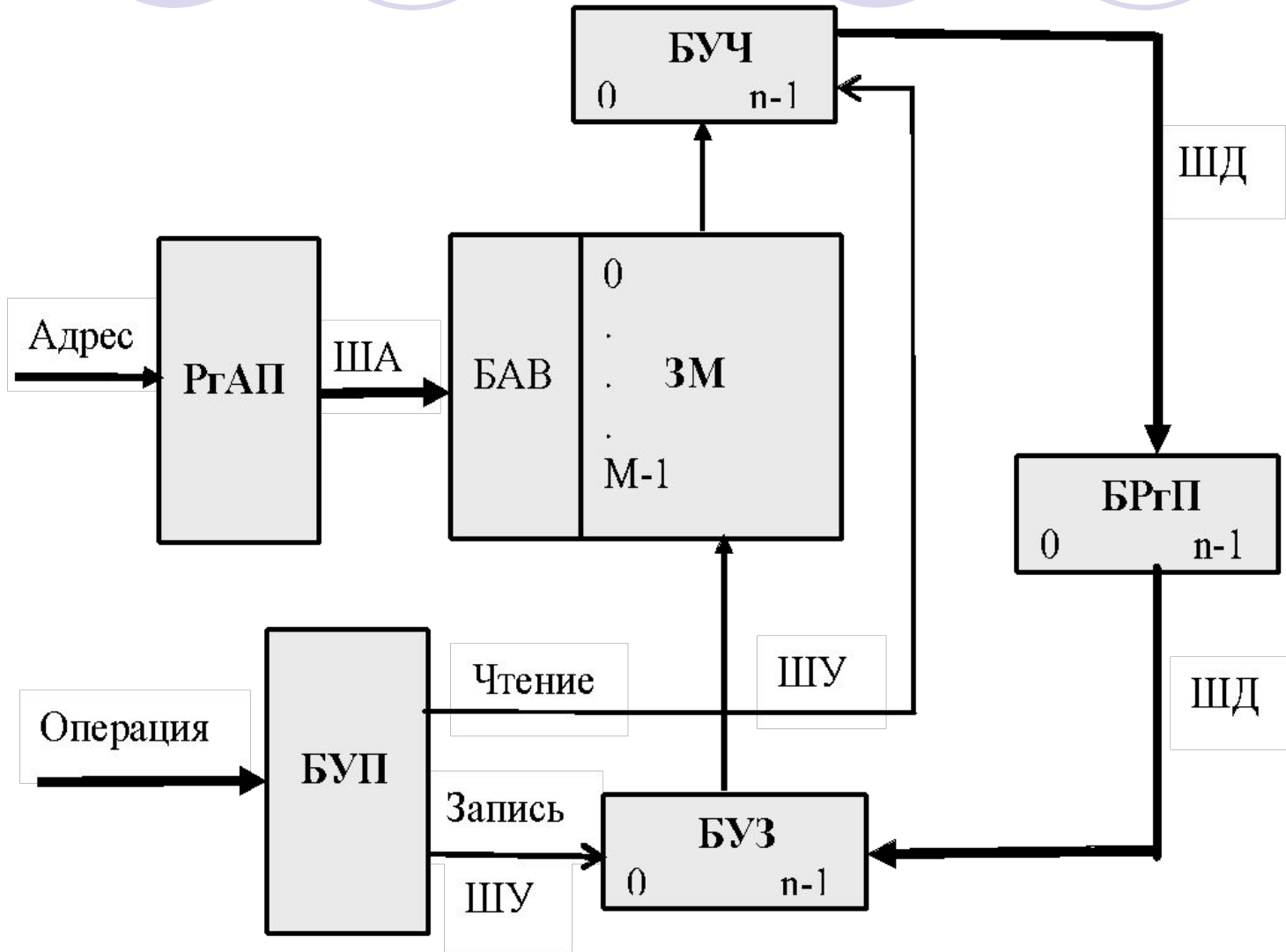




# Оперативная память

- По этим причинам в **оперативной памяти** практически любого компьютера используются полупроводниковые **микросхемы динамической памяти**
- Для построения **кэш-памяти** применяются элементы **статической памяти**

# Адресная организация памяти



# Адресная организация памяти

- Запоминающий массив (ЗМ) содержит  **$M$   $n$  - разрядных ячеек**
- При записи или чтении данных в ЗМ инициирующая эту операцию команда должна указывать адрес, по которому производится запись или чтение

# Адресная организация памяти

- Структура адресной памяти:
  - регистр адреса памяти ***РзАП***
  - буферный регистр памяти ***БРзП***
  - блок адресной выборки ***БАВ***
  - блок усилителей чтения ***БУЧ***
  - блок разрядных усилителей -  
формирователей сигналов записи ***БУЗ***
  - блок управления памятью ***БУП***

# Адресная организация памяти

- Цикл обращения к памяти инициируется поступлением в БУП сигнала **Операция** по шине управления **ШУ**
- Одновременно на шине адреса **ША** формируется адрес ячейки запрашиваемых данных
- **БУП** расшифровывает управляющий сигнал **Операция**, который указывает вид запрашиваемой операции: **Чтение** или **Запись**

# Адресная организация памяти

- При чтении блок адресной выборки **БАВ** дешифрует адрес и посылает сигнал **чтения** в заданную адресом ячейку **ЗМ**
- Код записанного в ячейке слова пересылается в блок усилителей чтения **БУЧ**
- далее по шине данных **ШД** слово поступает на буферный регистр памяти **БРгП** процессора

# Адресная организация памяти

- При записи производится прием записываемого слова с буферного регистра памяти **БР<sub>2</sub>П** через шину данных **ШД**
- В выбранную ячейку записывается слово из **БР<sub>2</sub>П**

# Ассоциативная память

