

Архитектура ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Направление подготовки – 02.03.02 Фундаментальная информатика
и информационные технологии

Содержание

- Понятие архитектуры вычислительных систем
- История развития вычислительной техники
- Классификация компьютеров
- Концепция компьютера с хранимой в памяти программой

Введение в архитектуру вычислительных систем /

Понятие архитектуры вычислительных систем

- **Предмет** дисциплины – цифровые вычислительные машины и системы (устройства, которые оперируют дискретными величинами)
- Определения понятий «вычислительная машина» и «вычислительная система» сформулированы в **стандартах** ISO/IEC 2382/1-93 и ГОСТ 15971-90
- **Вычислительная машина** – совокупность технических средств, которая предоставляет возможность выполнения обработки информации и получения результатов в необходимой форме

Введение в архитектуру вычислительных систем /

Понятие архитектуры вычислительных систем (продолжение)

- **Электронная вычислительная машина (ЭВМ) или компьютер** – вычислительная машина, у которой основные функциональные устройства выполнены на базе электронных компонентов
- **Вычислительная система** – одна или несколько вычислительных машин, периферийное оборудование и программное обеспечение, с помощью которых выполняется обработка информации (ISO/IEC 2382/1-93)

Введение в архитектуру вычислительных систем /

Понятие архитектуры вычислительных систем (продолжение)

- Для вычислительной машины характерна определённая **организация**:
 - внутренняя упорядоченность, согласованность и взаимодействие частей целого
 - наличие совокупности процессов и действий, которые приводят к образованию и совершенствованию взаимосвязей между частями целого
- В вычислительной технике существуют **два вида** организации вычислительных машин (систем), которые определяются двумя взглядами (пользователя и разработчика) на их построение и функционирование

Введение в архитектуру вычислительных систем /

Понятие архитектуры вычислительных систем (продолжение)

- Для пользователя важен **набор функций** вычислительной машины, которые обеспечивают эффективное решение его задач
- **Функциональная организация** вычислительной машины – абстрактная модель совокупности её функциональных возможностей, направленных на удовлетворение потребностей пользователей
- Разработчик должен выполнить **техническую реализацию** функций на основе реальных физических объектов
- **Структурная организация** вычислительной машины – физическая модель, которая устанавливает состав, порядок и принципы взаимодействия основных функциональных частей машины

Введение в архитектуру вычислительных систем /

Понятие архитектуры вычислительных систем (окончание)

- Графическим отображением и функциональной, и структурной организации вычислительной машины является **структурная схема**
- Функциональная организация вычислительной машины = Архитектура вычислительной машины
- **Архитектура вычислительной машины** – её концептуальная структура, которая определяет выполнение обработки информации, а также содержит методы преобразования информации и принципы взаимодействия аппаратного и программного обеспечения (ГОСТ 15971-90)
- **Архитектура вычислительной машины** – её логическая структура и функциональные характеристики, включая взаимосвязи между аппаратными и программными компонентами машины (ISO/IEC 2382/1-93)
- Функциональная организация вычислительной машины (системы) = Архитектура компьютера (компьютерной системы)

Введение в архитектуру вычислительных систем /

История развития вычислительной техники

- Попытки облегчить (в идеале – автоматизировать) процесс вычислений насчитывают **более 5000 лет**
- Современное состояние вычислительной техники – результат **многолетней эволюции**
- Эволюция вычислительной техники – последовательная **смена поколений** вычислительных устройств
- **Поколение вычислительных машин** – классификационная группа вычислительных машин, объединяющая машины по используемой технологии реализации их устройств, а также по уровню развития функциональных свойств и программного обеспечения и характеризующая определённый период в развитии промышленного производства средств вычислительной техники (ГОСТ 15971-90)

Введение в архитектуру вычислительных систем /

История развития вычислительной техники (продолжение)

- Классификация средств вычислительной техники по отношению к концепции компьютера с хранимой в памяти программой:
 - средства вычислительной техники «дONEYмановского» периода
 - компьютеры и компьютерные системы с архитектурой фон Неймана
 - компьютеры и компьютерные системы, реализующие параллельные и распределённые вычисления
- Традиционная классификация компьютеров:
 - компьютеры, построенные на основе электронных ламп
 - компьютеры, построенные на основе полупроводниковых приборов (транзисторов)
 - компьютеры, построенные на основе интегральных схем малой (МИС) и средней (СИС) степени интеграции
 - компьютеры, построенные на основе больших (БИС), сверхбольших (СБИС) и ультрабольших (УБИС) интегральных схем
 - компьютеры, обладающие интеллектуальными возможностями

Введение в архитектуру вычислительных систем /

История развития вычислительной техники

(окончание)

- Современная классификация компьютеров:
 - первое поколение (1937 – 1953 гг.)
 - второе поколение (1954 – 1962 гг.)
 - третье поколение (1963 – 1972 гг.)
 - четвёртое поколение (1972 – 1984 гг.)
 - пятое поколение (1984 – 1990 гг.)
 - шестое поколение (с 1990 г. по настоящее время)

Введение в архитектуру вычислительных систем /

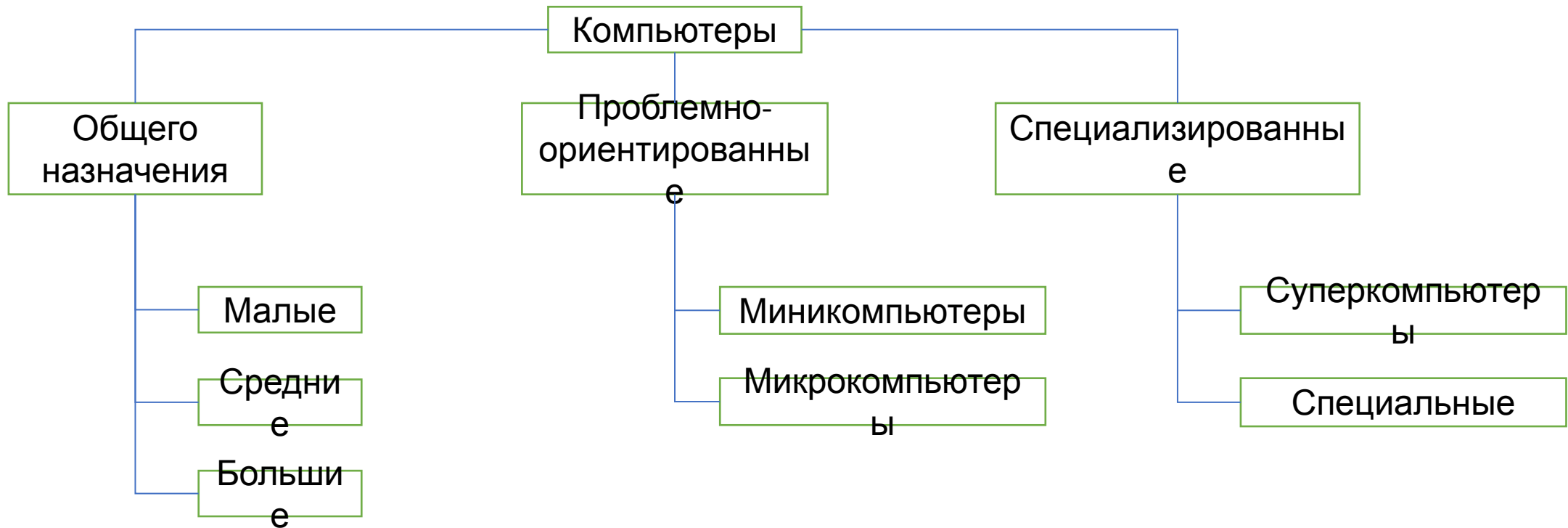
Классификация компьютеров

- **Классификация** – система распределения объектов, предметов, явлений, процессов или понятий по классам в соответствии с определённым признаком
- Нередко основным классификационным признаком при классификации компьютеров выступает **область их применения**

Введение в архитектуру вычислительных систем / Классификация компьютеров (продолжение)

Поколение	Элементная база	Годы существования	Области применения
Первое	Электронные лампы	1937 – 1953	Научно-технические расчёты
Второе	Транзисторы	1954 – 1962	Научно-технические расчёты, планово-экономические расчёты
Третье	МИС, СИС	1963 – 1972	Научно-технические расчёты, планово-экономические расчёты, системы управления
Четвёртое	БИС, СБИС, УБИС	С 1972 г. по настоящее время	Все сферы деятельности

Введение в архитектуру вычислительных систем / Классификация компьютеров (продолжение)



Введение в архитектуру вычислительных систем /

Классификация компьютеров (продолжение)

- **Семейство компьютеров** – совокупность компьютеров, объединённых общими архитектурными, структурными и конструктивными решениями
- **Общие элементы архитектуры**, характеризующие всех представителей семейства компьютеров:
 - внутренний язык или система команд
 - форматы данных
 - форматы записи на внешний носитель
 - интерфейс
 - преемственность программного обеспечения

Введение в архитектуру вычислительных систем /

Классификация компьютеров (окончание)

- **Примеры семейств компьютеров:**
 - семейство универсальных компьютеров третьего поколения IBM S/360 (отечественный аналог – ЕС ЭВМ)
 - семейство миникомпьютеров PDP-11 (отечественный аналог – СМ ЭВМ)
 - семейство микрокомпьютеров LSI-11 (отечественный аналог – Электроника-60)
 - семейство микропроцессоров Intel x86
 - семейство многоядерных микропроцессоров Intel Core
- **Классификация компьютеров по способу представления информации:**
 - аналоговые компьютеры
 - цифровые компьютеры
 - гибридные компьютеры

Введение в архитектуру вычислительных систем /

Концепция компьютера с хранимой в памяти программой

- **Вычислительная машина** – совокупность технических средств, используемых для автоматизированной обработки дискретной информации по заданному алгоритму
- **Алгоритм:**
 - конечный упорядоченный набор чётко определённых правил для решения проблемы (ISO/IEC 2382/1-93)
 - способ преобразования информации, задаваемый с помощью конечной системы правил
 - совокупность правил, определяющих эффективную процедуру решения любой задачи из некоторого заданного класса задач
 - точно определённое правило действий, для которого дано указание, как и в какой последовательности это правило необходимо применять к исходным данным задачи для получения её решения
 - точное предписание, определяющее содержание и порядок действий, которые необходимо выполнить над исходными и промежуточными данными для получения конечного результата при решении всех задач определённого типа

Введение в архитектуру вычислительных систем /

Концепция компьютера с хранимой в памяти программой (продолжение)

- **Свойства алгоритма:**
 - **дискретность** – алгоритм описывает действия над дискретной информацией и при этом сами действия также дискретны (представляют собой последовательность простых шагов)
 - **определённость** – в алгоритме должно быть указано всё, что следует выполнить, причём ни одно из действий не должно трактоваться двусмысленно
 - **массовость** – применимость алгоритма к множеству значений исходных данных
 - **результативность** – возможность получения результата за конечное число шагов
- **Вычислительный процесс** – процесс, порождаемый алгоритмом

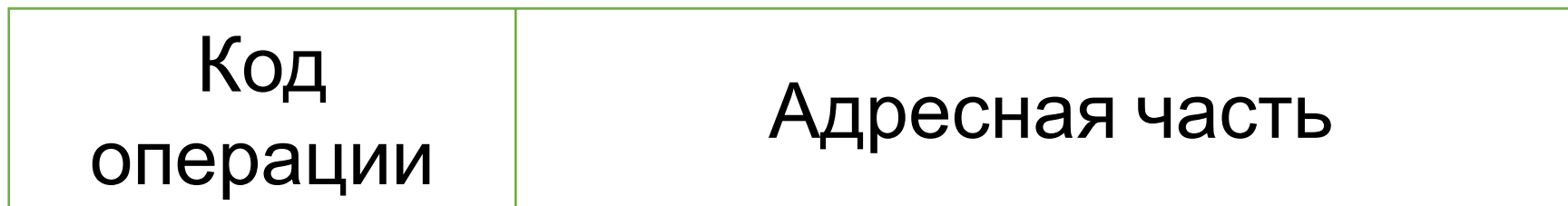
Введение в архитектуру вычислительных систем /

Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Принципы фон Неймана

- В основе архитектуры современных компьютеров лежит представление алгоритма решения задачи в виде **программы**
- Программа состоит из **машинных команд**, необходимых для решения задач (ISO/IEC 2382/1-93)
- **Компьютер с хранимой в памяти программой** – компьютер, в котором закодированные определённым образом команды программы хранятся в памяти (май 1945 г., авторы концепции – Дж. Моучли, П. Эккерт, Дж. фон Нейман)

Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Принципы фон Неймана (продолжение)

- **Принципы фон Неймана:**
 - **принцип двоичного кодирования** – вся информация (данные и команды) кодируется двоичными цифрами 0 и 1
- Каждый вид информации представляется в двоичном коде и имеет свой **формат**:
 - **формат числа** содержит поле знака и поле значащих (цифровых) разрядов
 - **формат команды** содержит поле кода операции и адресную часть
- **Поле** – последовательность битов в формате, имеющая определённый смысл



Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Принципы фон Неймана (продолжение)

- **Код операции** – указание, какая именно операция должна быть выполнена
- **Содержимое адресной части:**
 - в командах преобразования данных – адреса операндов и, возможно, результата
 - в командах изменения порядка вычислений – адрес следующей команды программы
 - в командах ввода-вывода – номер устройства ввода-вывода

Код операции	Адресная часть
-----------------	----------------

Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Принципы фон Неймана (продолжение)

- **Принципы фон Неймана (продолжение):**
 - **принцип программного управления** – все вычисления должны быть представлены в виде **программы**, которая состоит из **машинных команд**
- Команды программы **хранятся в смежных ячейках памяти** компьютера и **выполняются в естественном порядке** (в порядке их следования в программе)
- При необходимости **естественный порядок выполнения** программы **может быть изменён** с помощью специальных команд

Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Принципы фон Неймана (продолжение)

- **Принципы фон Неймана (продолжение):**
 - **принцип однородности памяти** – команды и данные хранятся в одной и той же памяти и внешне неразличимы.
- **Практическое применение** принципа однородности памяти:
 - **модификация команд** – обращение к последовательным элементам массива данных путём циклического изменения адресной части команды
 - **трансляция программы** – перевод текста программы с языка высокого уровня на машинный язык, при котором команды одной программы получаются в результате выполнения другой программы
- **Принстонская архитектура** – архитектура компьютеров, в которых используется принцип однородности памяти
- **Гарвардская архитектура** – архитектура компьютеров, в которых существует отдельная память для команд и отдельная – для данных

Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Принципы фон Неймана (окончание)

- **Принципы фон Неймана (окончание):**
 - **принцип адресуемости памяти** – основная память структурно состоит из пронумерованных ячеек, причём процессор в любой момент времени может обратиться к любой ячейке
- **Машинное слово** – единица информации, которая является составной частью двоичных кодов команд и данных
- **Адрес** – номер ячейки памяти, который используется при обращении к ней

Введение в архитектуру вычислительных систем /

Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана

- Компоненты типичного компьютера с архитектурой фон Неймана:
 - устройство управления
 - арифметико-логическое устройство
 - память
 - устройства ввода-вывода

Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)

Периферийные
устройства
ввода

Внешняя память

Периферийные
устройства
вывода

Основная
память

Кэш-память

Арифметико-
логическое
устройство

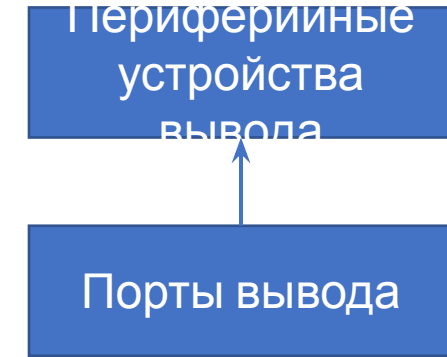
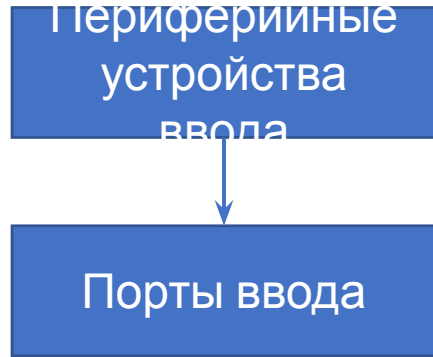
Устройство
управления

Регистры

Введение в архитектуру вычислительных систем /
Концепция компьютера с хранимой в памяти
программой / Архитектура фон Неймана
(продолжение)

- Информация поступает из подключённых к компьютеру **периферийных устройств ввода**
- Результаты вычислений передаются на **периферийные устройства вывода**
- Связь и взаимодействие компьютера и периферийных (внешних) устройств обеспечивают **порты ввода и порты вывода**
- **Порт** – аппаратура сопряжения периферийного устройства с компьютером и управления этим устройством
- **Устройство (модуль) ввода-вывода** – совокупность портов ввода и портов вывода

Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)



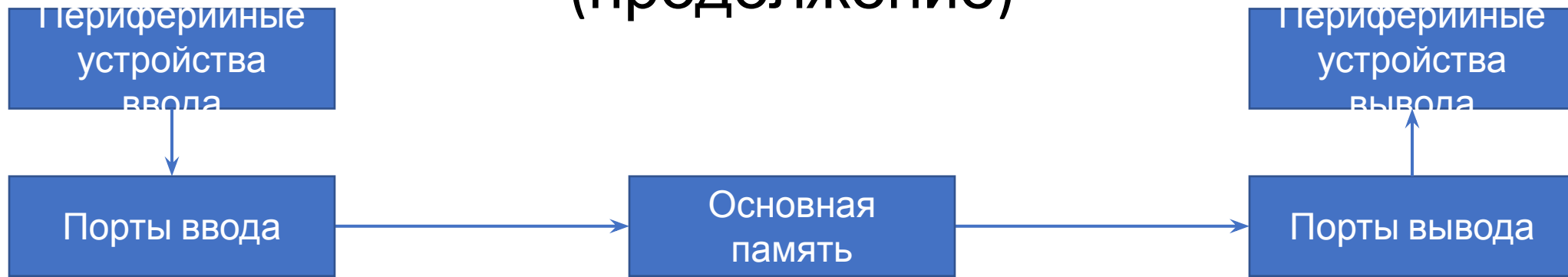
Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)

- **Память** компьютера имеет многоуровневую структуру, реализованную в виде взаимодействующих запоминающих устройств, в которых могут использоваться различные физические принципы хранения данных
- Для выполнения программы необходимо, чтобы команды и данные находились в **основной памяти**
- Основная память – **память с произвольным доступом**, т. е. доступ к любым ячейкам может выполняться в произвольном порядке
- Базовые элементы основной памяти современных компьютеров – полупроводниковые **оперативные запоминающие устройства (ОЗУ)**, которые обеспечивают как считывание, так и запись информации

Введение в архитектуру вычислительных систем /
Концепция компьютера с хранимой в памяти
программой / Архитектура фон Неймана
(продолжение)

- ОЗУ – **энергозависимые** запоминающие устройства, т. е. хранимая в них информация утрачивается после отключения электропитания
- Для обеспечения энергонезависимости основной памяти в её состав включают **постоянные запоминающие устройства** (ПЗУ), предназначенные только для считывания информации
- **Разрядность** ячейки основной памяти принимается равной одному байту

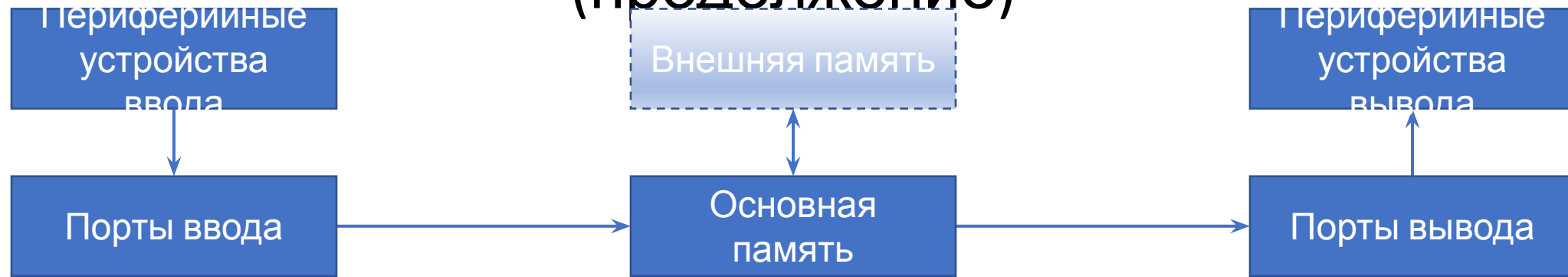
Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)



Введение в архитектуру вычислительных систем /
Концепция компьютера с хранимой в памяти
программой / Архитектура фон Неймана
(продолжение)

- Для долговременного хранения программ и данных используется **внешняя память**
- Внешняя память является **энергонезависимой** и в настоящее время в основном реализуется на базе **магнитных дисков**
- Информация во внешней памяти хранится в виде **файлов**

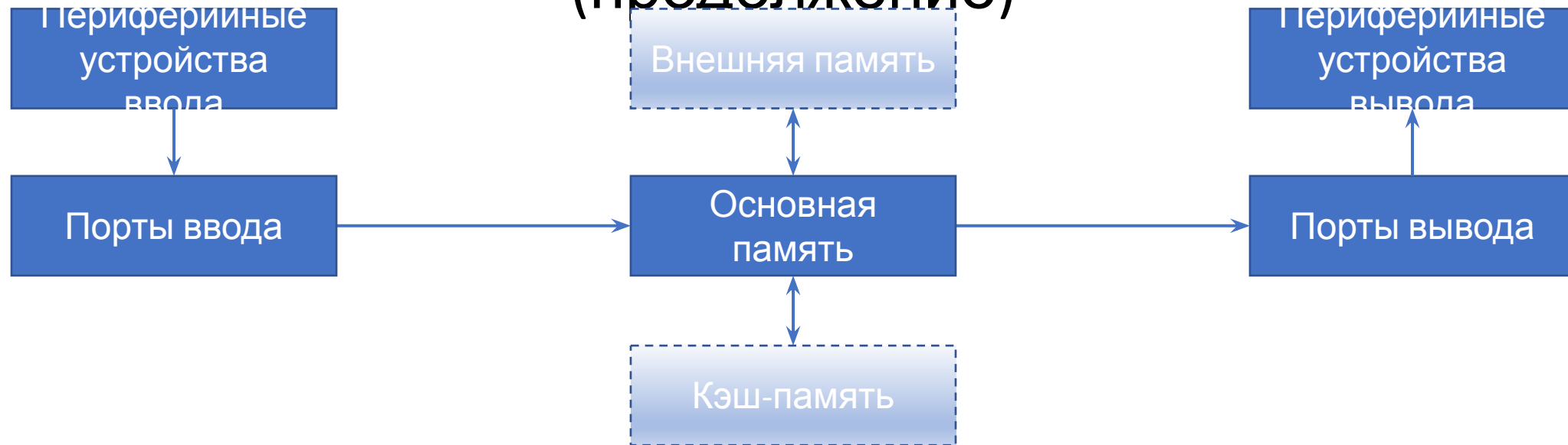
Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)



Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)

- Неотъемлемая часть современных компьютеров – **кэш-память**, которая имеет небольшую ёмкость, но высокое быстродействие
- В кэш-память из основной памяти копируются **наиболее часто используемые** команды и данные
- При обращении со стороны процессора информация **сначала отыскивается в кэш-памяти** и только затем в случае неудачи – в основной памяти

Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)



Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)

- Четвёртым видом памяти являются регистры центрального процессора
- **Регистр** – отдельная ячейка памяти, обращение к которой занимает значительно меньше времени по сравнению с памятью любого другого вида
- Процессор содержит небольшое число регистров, которые образуют **сверхоперативную память**
- В регистры помещают часто используемые константы или промежуточные результаты вычислений, что **позволяет сократить число обращений** к более медленным видам памяти

Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)



Введение в архитектуру вычислительных систем /
Концепция компьютера с хранимой в памяти
программой / Архитектура фон Неймана
(продолжение)

- **Обязательным элементом** архитектуры фон Неймана является лишь основная память
- Включение в состав компьютера запоминающих устройств остальных видов обусловлено **технологическими проблемами**, препятствующими созданию быстродействующих, дешёвых и энергонезависимых запоминающих устройств большой ёмкости

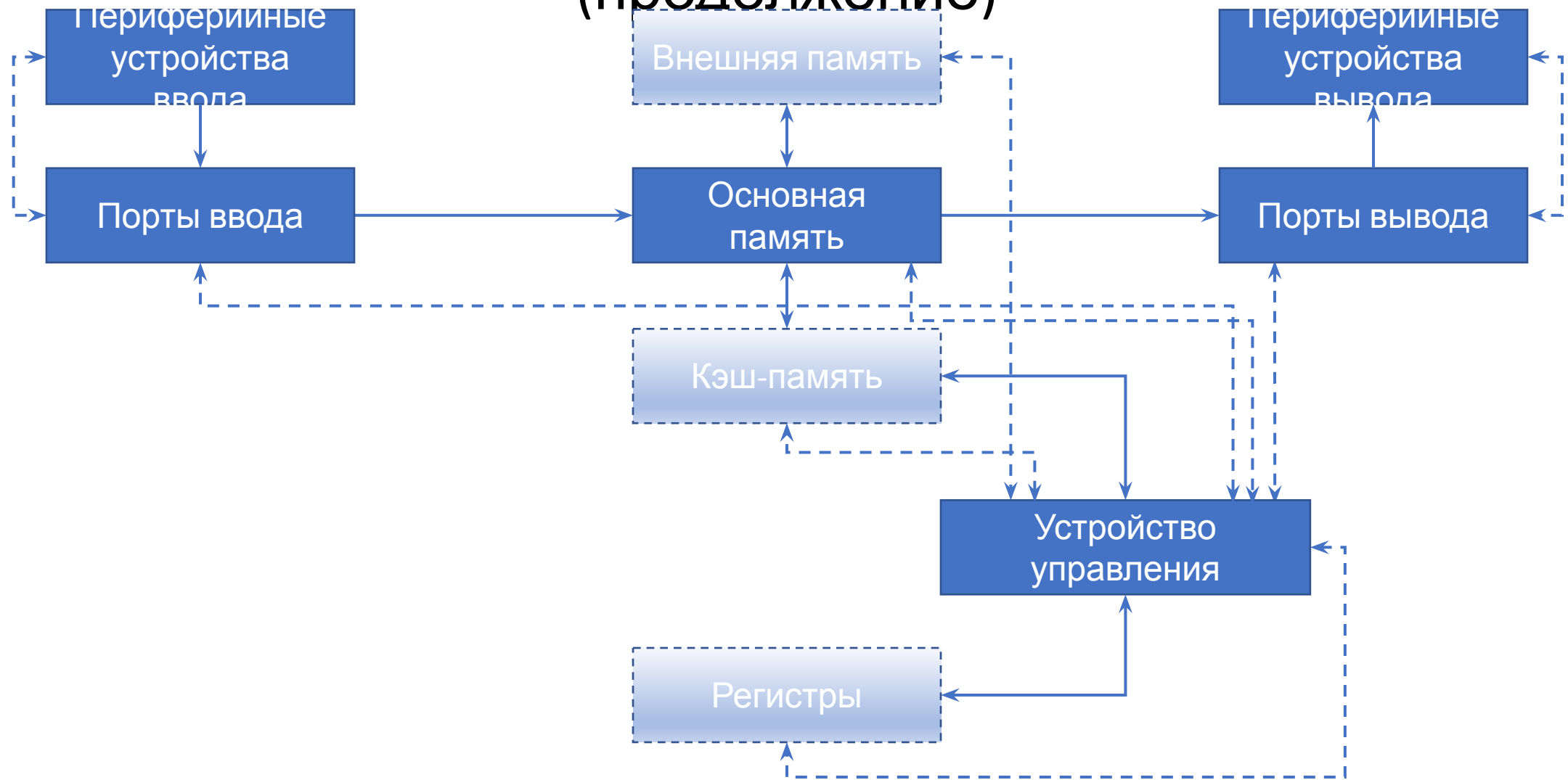
Введение в архитектуру вычислительных систем /
Концепция компьютера с хранимой в памяти
программой / Архитектура фон Неймана
(продолжение)

- **Устройство управления** – важнейший компонент компьютера, организующий автоматическое выполнение программ путём реализации функций управления и обеспечивающий функционирование компьютера как единой системы
- Обмен информацией между любыми элементами компьютера инициируется соответствующим **управляющим сигналом**, т. е. управление вычислительным процессом сводится к формированию нужного набора управляющих сигналов в нужной временной последовательности

Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)

- **Основная функция** устройства управления – формирование управляющих сигналов:
 - для инициирования процесса извлечения команд из памяти в порядке, определяемом программой, и последующее выполнение этих команд
 - для синхронизации работы внутренних и внешних устройств компьютера

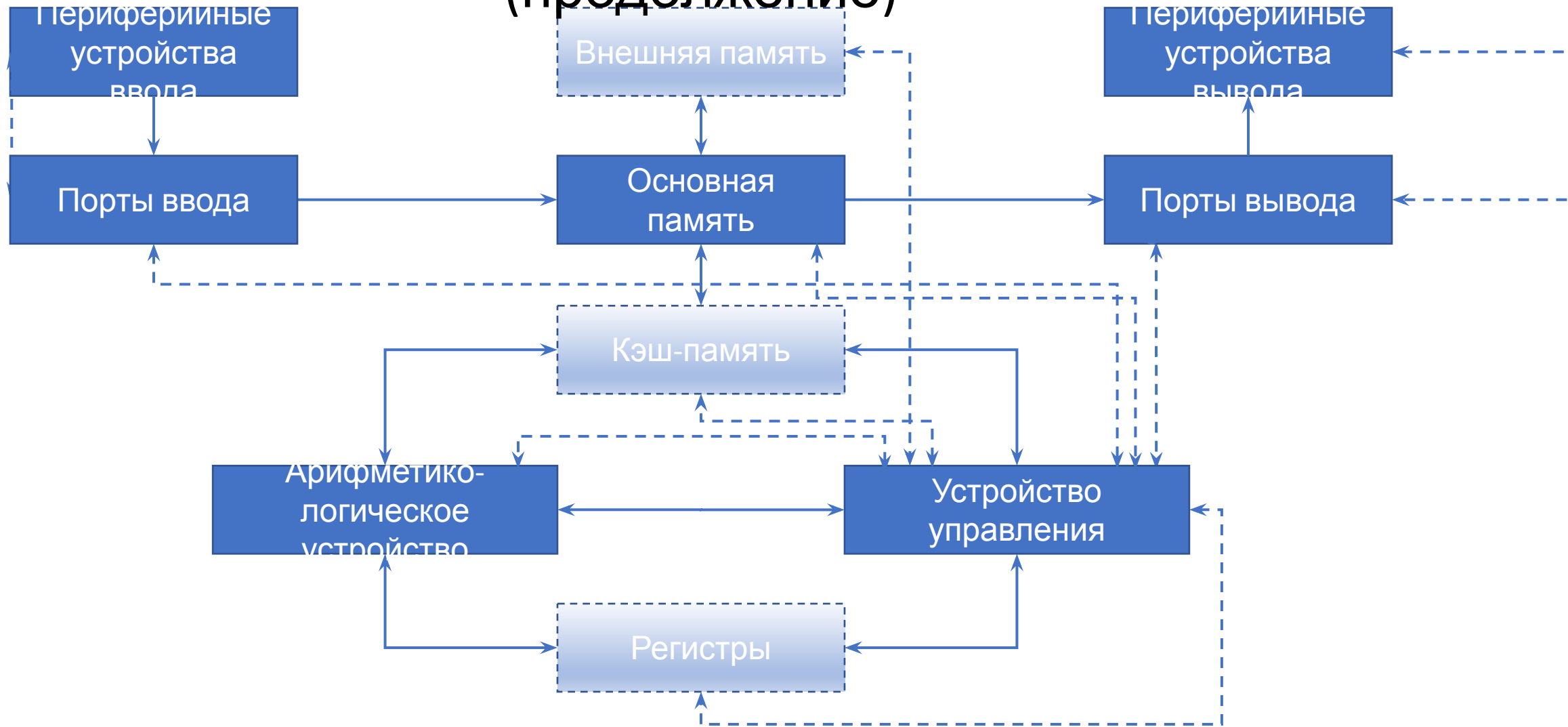
Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)



Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)

- **Арифметико-логическое устройство (АЛУ)** – неотъемлемая часть компьютера, обеспечивающая выполнение арифметических и логических операций над одним или двумя операндами и формирование результатов этих операций
- АЛУ также формирует **флаги** – признаки, которые характеризуют результат и события, произошедшие в процессе его получения (равенство нулю, знак, чётность, перенос, переполнение и т. д.)

Введение в архитектуру вычислительных систем / Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана (продолжение)



Введение в архитектуру вычислительных систем /
Концепция компьютера с хранимой в памяти
программой / Архитектура фон Неймана
(продолжение)

- **Центральный процессор** – главный компонент компьютера, включающий в себя:
 - устройство управления
 - арифметико-логическое устройство
 - регистры общего назначения

систем /

Концепция компьютера с хранимой в памяти программой / Архитектура фон Неймана

