

Архитектура ЭВМ и систем

Лекция № 1

Основные понятия вычислительной
техники и принципы организации
вычислительных систем

План лекции

1. Основные понятия и определения
2. Принципы организации вычислительных машин и систем
3. Основные характеристики вычислительных машин и систем
4. Многоуровневая организация вычислительных процессов

Направления развития современных средств вычислительной техники

1. *Электронно-вычислительные машины (ЭВМ) и простейшие вычислительные системы (ВС).*

Основываются на эволюционных модификациях концептуальной последовательной машины Дж. фон Неймана (1945 г.): ЭВМ первого (1949 г., электронные лампы), второго (1955 г., транзисторы) и третьего (1963 г., интегральные схемы) поколений. Усовершенствование - за счёт улучшения физико-технических характеристик элементов и внутренних информационных каналов. Предел развития – сочетание конвейерного и векторного способов обработки информации.

2. *Вычислительные системы (ВС).*

Базируются на принципе массового параллелизма при работе с информацией. Ориентированы на применение полупроводниковых пластин с большим количеством обработчиков данных. ВС относятся к четвёртому и последующим поколениям средств ВТ.

Основные понятия и определения

- **Система** – это совокупность элементов, соединённых между собой для достижения определенной цели. Практически каждое средство ВТ может рассматриваться как система – вычислительная машина, сети, системы параллельной обработки данных и т.п.
- **Вычислительная машина (ВМ)** – это система, выполняющая заданную, чётко определённую последовательность операций (программу) в соответствии с выбранным алгоритмом обработки информации.

Понятие **электронно-вычислительной машины (ЭВМ)** эквивалентно понятию ВМ. Однако, термин ВМ шире термина ЭВМ, поскольку существуют и другие направления развития компьютеров: оптические, квантовые, молекулярные, ДНК.

- **Алгоритм** – набор предписаний, однозначно определяющий содержание и последовательность выполнения действий для решения задач.
- **Операнд** – величина (или объект), над которой проводится операция в ВМ.
- **Результат** – совокупность данных, получаемых по завершении операции или программы.

Основные понятия и определения

- **Вычислительная система (ВС)** – это совокупность аппаратно-программных средств, предназначенная для параллельной обработки данных или локального управления технологическим оборудованием, настроенная на решение задач конкретной области применения.
- **Многопроцессорные ВС** - содержат несколько процессоров, между которыми происходит интенсивный обмен информацией и имеется единое управление вычислительными процессами.
- **Микропроцессорные ВС** - строятся на базе микропроцессора или микроконтроллера, либо специализированного процессора цифровой обработки сигналов; используются для локального управления технологическим оборудованием в технических и бытовых системах.

Принципы организации и функционирования ВМ и ВС во многом схожи, однако имеются и принципиальные отличия. При последующем изложении материала, содержащем сведения, общие для ВМ и ВС, будет использоваться термин ВМ, а содержащем сведения, характерные только для ВС, будет использоваться термин ВС.

Основные понятия и определения

- Для наглядного представления ВМ используются **графические схемы**, состоящие из блоков и связей между ними. Каждому блоку соответствуют входы для получения информации, выходы для вывода информации и функция преобразования входной информации в выходную.

□ **Функциональная схема**: блоки выделяются по функциональному признаку.

□ **Структурная схема**: блоки соответствуют конструктивным компонентам – устройствам, узлам, интегральным схемам.

Отдельные блоки обеих схем могут совпадать.

- **Структура** – это совокупность элементов и их связей.
- **Функциональная организация ВМ** – это представление её как абстрактной системы в виде функциональной схемы, иллюстрирующей результат функциональной декомпозиции (память, процессор, устройства ввода-вывода). Для сложных систем (ВМ, сети) часто используется иерархия представлений.
- **Структурная организация ВМ** – это представление её как системы в виде схемы, содержащей реально реализуемые устройства, узлы, элементы (системный блок, дисплей, клавиатура, мышь) .

Основные понятия и определения

- **Преобразователь информации** – это некоторый блок (на функциональной схеме), имеющий входы для поступления информации и некоторые выходы, на которых представлена выходная информация.

Вся информация в ВМ представляется в виде двоичных кодов – последовательностей нулей и единиц.

- **Сигнал** – это носитель информации в виде изменяющейся во времени физической величины, обеспечивающей передачу данных.
- **Вентили** – это электронные ключи, соединённые определённым образом в электронных схемах (интегральных схемах), реализующих преобразователи информации.
- **Вычислительные ресурсы** – это аппаратные и программные средства, используемые для получения, передачи, хранения и обработки информации.
- Многоуровневая иерархия аппаратных и программных средств, из которых строится ВМ, называется **архитектурой** ВМ. Каждый из уровней допускает многовариантное построение и применение. Конкретная реализация уровней определяет особенности структурного построения ВМ.

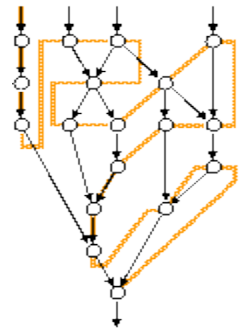
Основные понятия и определения

- Несколько ВМ или ВС, информационно связанных между собой, образуют **вычислительный комплекс (ВК)**. При этом каждая машина самостоятельно управляет своими вычислительными процессами, и информационный обмен между вычислительными машинами комплекса не является интенсивным (например, цех, корабль и т.д.).
- **Сеть** (компьютерная, информационно-вычислительная) – это информационная система, которая состоит из множества абонентских систем и телекоммуникационной системы для их информационного взаимодействия. Отличительной особенностью сетей являются развитые функции информационного взаимодействия.
- Множество операций над данными и порядок выполнения этих операций называется **моделью вычислений**. В рамках изучения принципов работы ВМ, ВС и сетей подразумевается модель вычислений, заложенная в оборудование и, следовательно, зависящая от их (вычислительных машин) структуры и архитектуры.

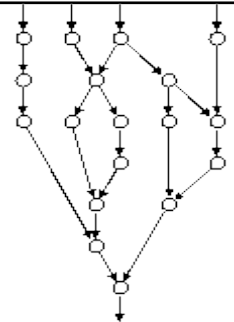
Принципы организации вычислительных машин и систем

Механизмы исполнения программ в ВМ:

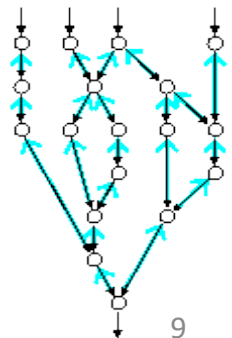
1. Команда выполняется после того, как выполнена предшествующая ей команда последовательности. Этот метод соответствует механизму организации вычислительного процесса *под управлением последовательностью команд (data flow computer)* и характерен для ВМ с *классической фон-неймановской* (и подобным ей) структурой. Такая модель вычислений называется **традиционной**.



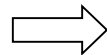
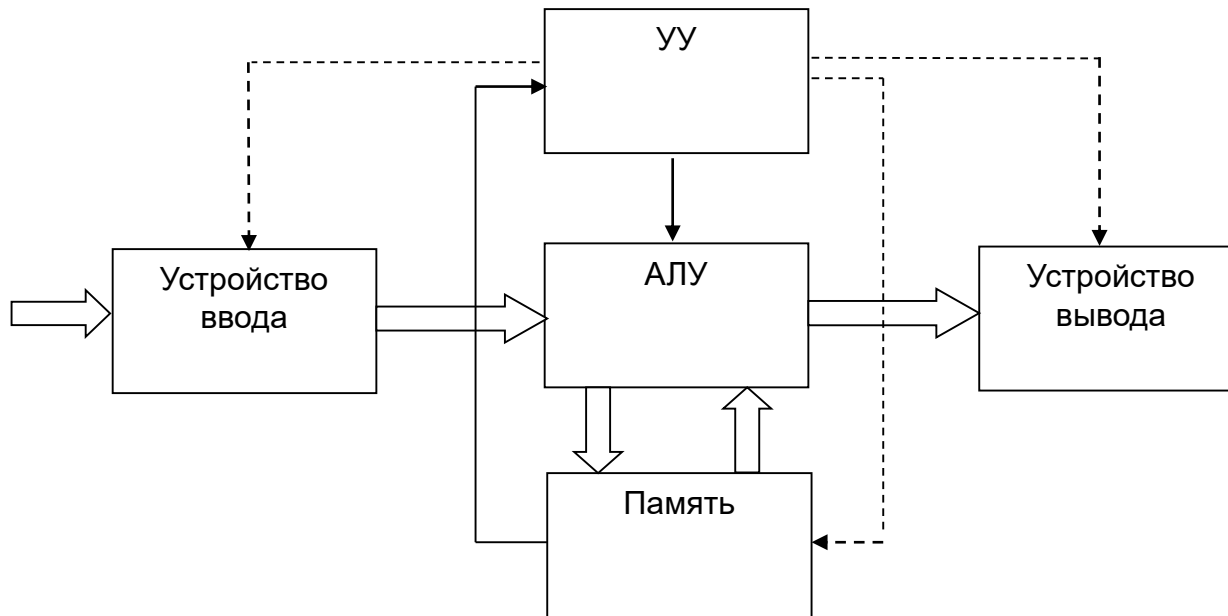
2. Команда выполняется, когда становятся доступными её операнды. Этот механизм организации вычислительного процесса известен как *управляемый данными (dataflow driven)* и реализуется *потокowymi* ВМ. Данная модель вычислений называется **потоковой**.



3. Команда выполняется, когда другим командам требуется результат её выполнения. Этот метод организации вычислительного процесса называется *механизмом управления по запросу (demand driven)* и реализуется *редукционными* ВМ. Модель вычислений также называется **редукционной**.



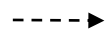
Принципы организации вычислительных машин и систем



— линии связи для данных;



— линии связи для команд;



— линии связи для управления

Архитектура ВМ Дж. фон Неймана

Разработал: Конюхова О.В.

Принципы организации

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН И СИСТЕМ

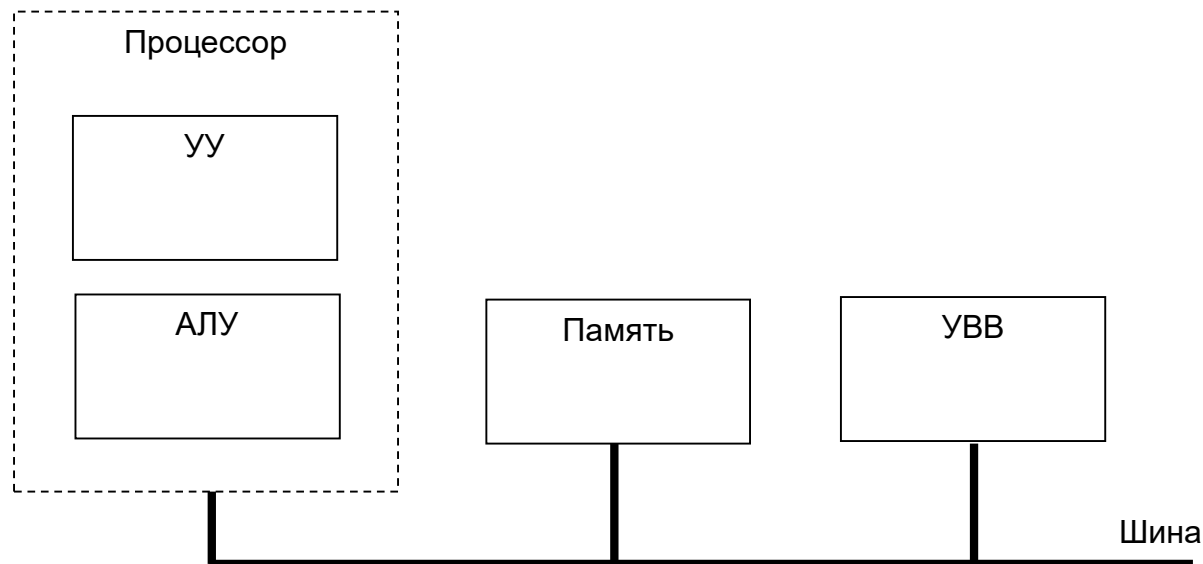
Принципы организации ВМ по фон Нейману:

1. Двоичное кодирование информации, разделение её на слова фиксированной разрядности.
 2. Линейно-адресная организация памяти (N ячеек по n разрядов). Номер ячейки является её адресом. В командах программы адрес является именем переменной, хранящейся в соответствующей ячейке.
 3. Представление алгоритма в виде программы, состоящей из команд. Каждая команда определяет шаг выполнения программы и содержит код операции, адреса операндов и другие служебные коды.
 4. Хранение команд и данных в одной памяти.
 5. Вычислительный процесс организуется как последовательное выполнение команд в порядке, заданном программой.
 6. Жёсткость архитектуры – неизменность в процессе работы ВМ, её структуры, списка команд, методов кодирования данных.
- АЛУ и УУ образуют процессор.

Преимущества: возможность улучшения характеристик ВМ за счет улучшения структуры и параметров отдельных связей между её компонентами

Недостатки: низкая скорость обмена данными между процессором и памятью по сравнению со скоростью их обработки процессором.

Принципы организации вычислительных машин и систем



Архитектура ВМ на основе общей шины

По такому принципу строятся мини- и микро-ЭВМ.

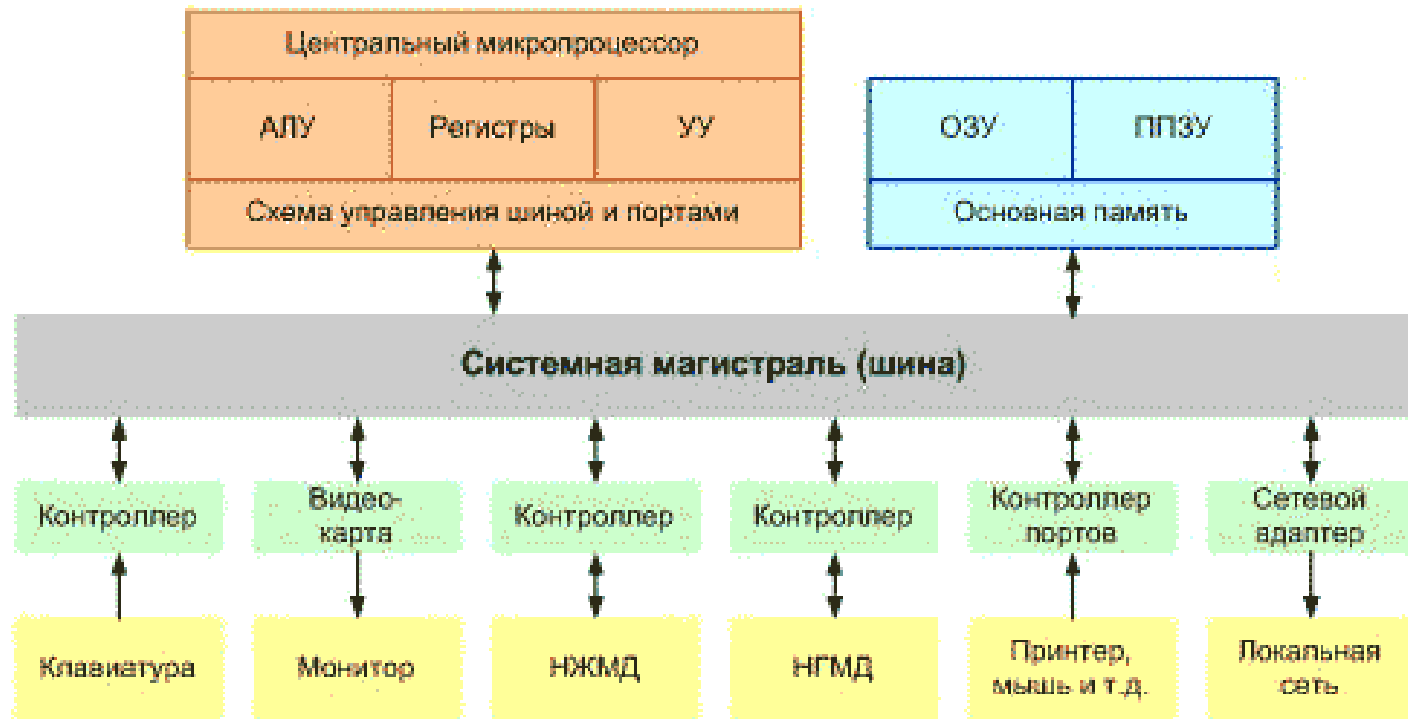
Преимущества: более упрощённая, по сравнению с классической структурой, реализация и лёгкая замена компонентов.

Недостатки: в каждый момент времени передавать информацию по шине может только одно устройство, что отражается на быстродействии ВМ.

Принципы организации вычислительных машин и систем



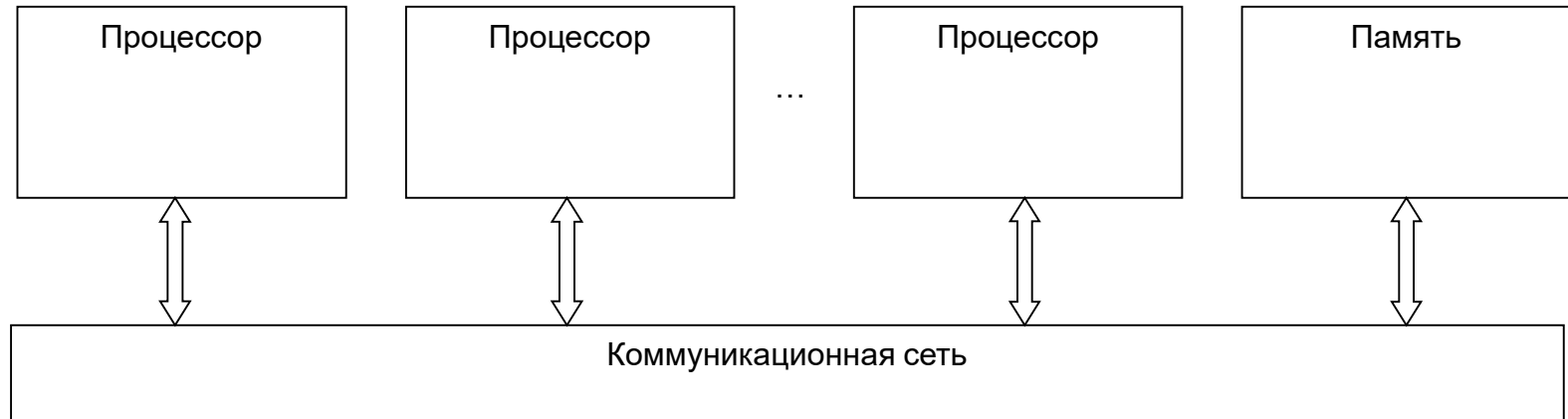
- Системный блок
- Дисплей
- Клавиатура
- Мышь



Структурная схема ВМ на примере ПК

Разработал: Конюхова О.В.

Принципы организации вычислительных машин и систем



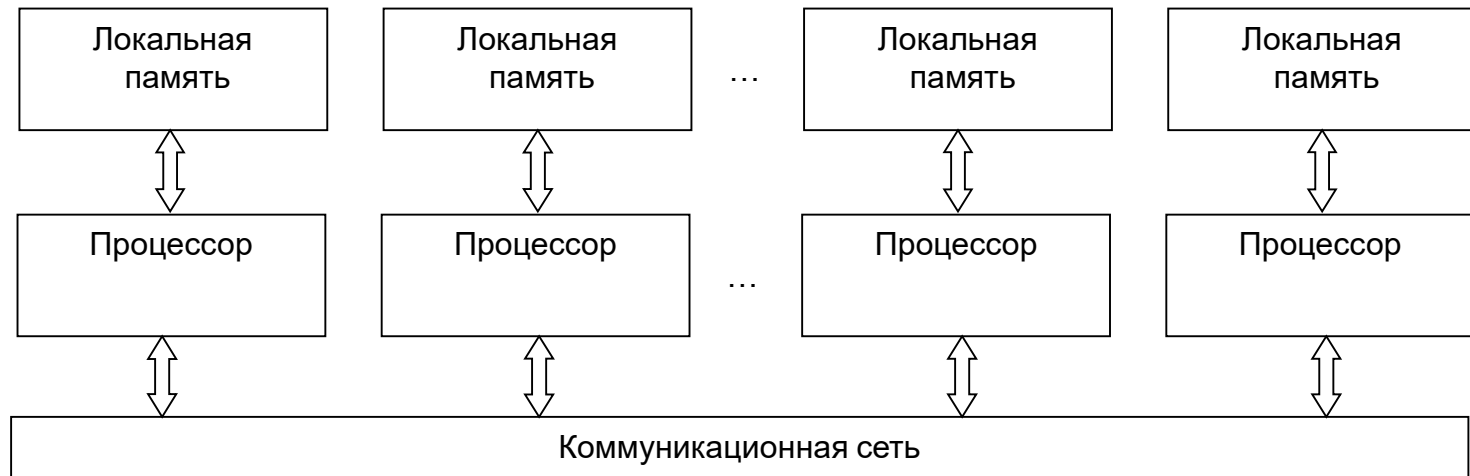
Структура ВС с общей памятью

Имеется общая основная память, совместно используемая всеми процессорами ВС. Взаимосвязь процессоров с общей памятью обеспечивается с помощью коммуникационной сети, чаще всего представляющей собой общую шину.

Преимущества: 1) высокая «живучесть» из-за возможности перераспределения работы; 2) доступ процессоров к единой памяти.

Недостатки: 1) в каждый момент времени передавать информацию по сети может только один процессор, что снижает быстродействие ВС; 2) низкая масштабируемость ВС.

Принципы организации вычислительных машин и систем



Структура распределённой ВС

Каждый процессор обладает собственной локальной памятью; обмен информацией обеспечивается с помощью сети путём обмена сообщениями.

Преимущества: **1)** высокая масштабируемость; **2)** более высокое быстродействие из-за отсутствия общей шины.

Недостатки: **1)** дополнительные издержки на передачу сообщений между процессорами; **2)** более сложная замена процессоров при выходе из строя.

Основные характеристики вычислительных машин и систем

- Основные характеристики – *стоимость* , *производительность*, *операционные ресурсы*, *ёмкость памяти*.

❑ **Стоимость** определяет часть цены, которую, в свою очередь, можно рассчитать по формуле

$$\begin{aligned} \text{Цена} = & \text{стоимость_элементов} + \\ & \text{стоимость_изготовления} + \\ & \text{главная_надбавка} + \\ & \text{неучтённые_расходы} \end{aligned}$$

Главная надбавка учитывает стоимость научно-исследовательских работ, маркетинга, прибыль.

При установившемся производстве ВМ и стабильной экономике относительные доли приведённых составляющих цены достаточно устойчивы, но различаются для разных классов ВМ. Например, для ПК доля стоимости элементов составляет 31, стоимости изготовления – 10, главной надбавки – 14, неучтённых расходов – 45 %.

Основные характеристики

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН И СИСТЕМ

□ **Производительность** – это объём вычислительной работы, выполняемой ВМ за единицу времени. Для количественных оценок производительности используют понятия **номинальной** и **системной** производительности.

■ **Номинальная производительность** – это вектор V_n , который определяется формулой

$$V_n = (v_1, v_2, \dots, v_n),$$

где v_i – быстродействие i -го устройства ВМ (чаще всего, процессора и дисковой памяти).

■ **Системная производительность** V_c учитывает совместную работу устройств в системе под управлением операционной системы для определённого класса задач.

$$V_c = (p_1 \cdot v_1, p_2 \cdot v_2, \dots, p_n \cdot v_n)$$

где p_i – показатель загрузки i -го устройства.

$$p_i = \frac{T_i}{T}, \quad \text{где } T_i \text{ – время, в течение которого работало } i\text{-е устройство за время } T \text{ работы системы.}$$

Основные характеристики

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН И СИСТЕМ

❑ **Быстродействие** - число операций, выполняемых в секунду. Поскольку разные команды выполняются с различной скоростью и вероятности использования каждой команды для разных классов задач различны, то говорят о **среднем быстродействии** ВМ для каждого класса задач, которое вычисляется по формуле

$$P = \frac{\sum_{j=1}^N b_j}{\sum_{j=1}^N b_j \cdot t_j},$$

где P – среднее быстродействие;
 b_j – все команды j -го типа;
 t_j – среднее время выполнения;
 N – число команд для разных классов задач.

❑ **Операционные ресурсы** – это перечень действий (операций), которые может выполнять ВМ при обработке информации (исходных данных):

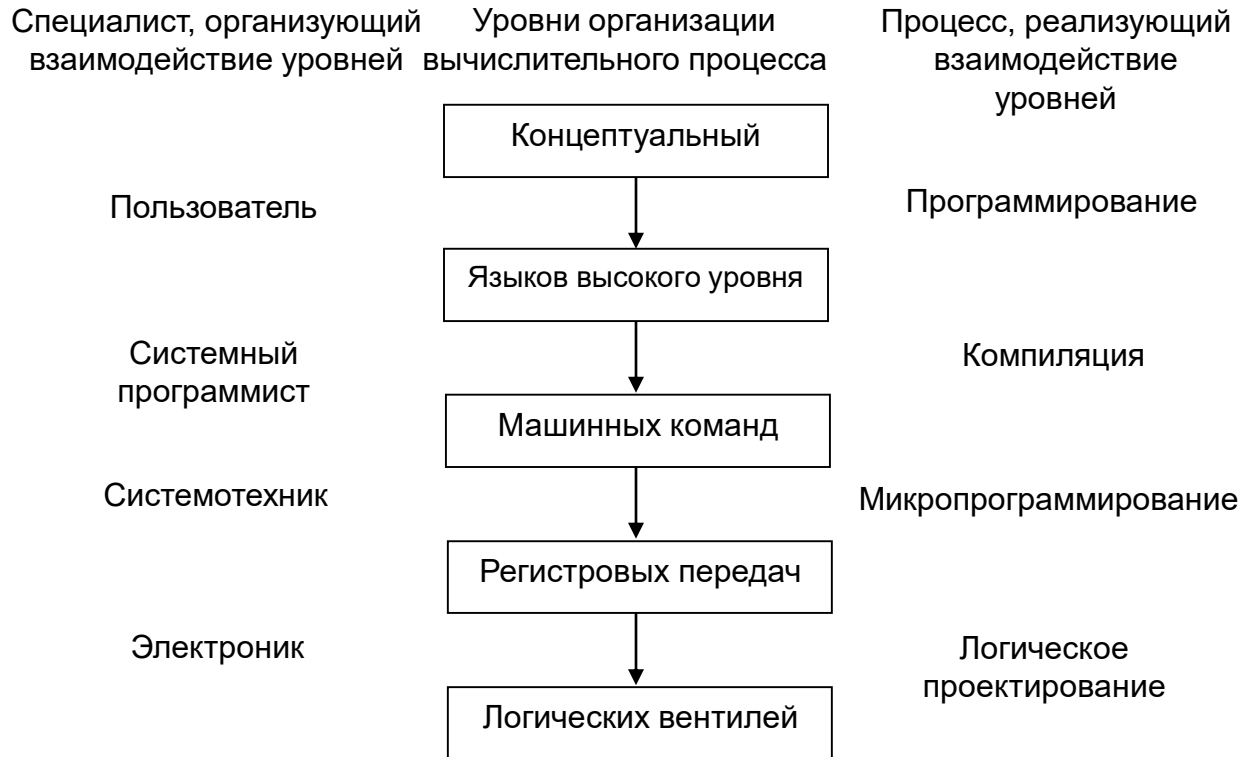
- 1) система машинных операций $F=\{+, -, *, /, \dots\}$;
- 2) система машинных команд $K=\{K_1, K_2, \dots, K_N\}$, порождающая указанную выше систему машинных команд;
- 3) Способы представления информации в ВМ.

❑ **Ёмкость памяти** – это объём хранилища программ и данных ВМ.

Основные характеристики вычислительных машин и систем

- Дополнительные характеристики ВМ.
 - ❑ **Надёжность** – способность ВМ при определённых условиях выполнять требуемые функции в течение заданного периода времени (стандарт ISO 2382/ 14 – 78).
 - ❑ **Точность** – возможность различать почти равные значения (стандарт ISO 2382/ 2 – 76). Точность полученных результатов определяется, в основном, разрядностью ВМ и величиной единицы информации (байтом, словом и т.д.).
 - ❑ **Достоверность** – свойство информации быть правильно воспринятой. Характеризуется вероятностью получения безошибочных результатов.

Многоуровневая организация вычислительных процессов



Уровни организации вычислительных процессов

Многоуровневая организация вычислительных процессов

- На **концептуальном** уровне пользователь анализирует задачу, выбирает метод её решения, разрабатывает алгоритм, определяет структуры данных.
- Затем пишется программа на одном из **языков высокого уровня**, которая не зависит от архитектуры ВМ и особенностей аппаратного обеспечения.
- На уровне **машинных команд** обеспечивается связь программных и аппаратных средств: разрабатывается список команд, определяются способы кодирования операций и адресов, а также другие параметры, заложенные в структуру ВМ.
- На уровне **регистровых передач** осуществляется микрооперации, выполняемые аппаратурой ВМ. Это операции передач, запоминания и преобразования кодов, выполняемые пересылкой сигналов между регистрами через логические схемы. Для построения схем на выполнение требуемой микрооперации формируется набор управляющих сигналов – **микрокоманда**. Последовательность микрокоманд, соответствующая исполнению машинной команды, называется **микропрограммой**.
- На уровне **логических вентилей** рассматриваются логические схемы, которые выполняют операции над двоичными переменными.