

представляет

Сергей Борисович Луковкин,

к.филос.н., доцент кафедры «Автоматика
и вычислительная техника» МГТУ

2008 г.

Литература

- Информатика. Базовый курс / Симонович С.В. и др. - СПб.: Издательство "Питер", 1999.
- Информатика: Учебник для вузов/Под ред. проф. Н. В. Макаровой.-М.:Финансы и статистика 1997.
- Острейковский В.А. Информатика. М., «Высшая школа», 1999. -511с.
- Острейковский В.А. Лабораторный практикум по информатике. М., «Высшая школа», 2003. -376 с.
- Могилёв А.В., Пак Н.И., Хеннер Е.К. Информатика: Учеб. пособие для студ.пед. вузов. М., «Академия», 2003. -816 с.

Литература (продолжение)

- Сетевые технологии. Соловьёва Л.Ф.СПб.: «БХВ-Петербург», 2004.
- Паскаль. Павловская Т.А. СПб, «Питер», 2007.
- Turbo Pascal 7.0 Начальный курс. Учебное пособие. Фаронов В.В.М.: «Высшая школа». 2001.
- Луковкин С.Б. Теоретические основы информатики. Учебное пособие для студентов МГТУ. - Издательство МГТУ, Мурманск. 2009 г.
- Королев Л.Н., Миков А.И. Информатика. М, «Высшая школа», 2003. - 341 с.

Лекция 1.

Основные понятия:

Информация, данные,
информатика,
информационные технологии.

Стратегии развития XX - XXI



Информация (1)

- Нет общепринятого определения информации.
- В повседневной жизни информация - это разъяснение, сообщение, изложение, какие-либо сведения, данные, объявление.
- В обычном, «житейском» смысле - информация это сумма сведений, которую получает некоторый субъект, человек, группа людей или животных, об окружающем мире, о самом себе, о другом субъекте или изучаемом явлении.

Используя эти сведения человек может прогнозировать результаты своих действий, выбирать различные способы для достижения поставленных целей.

Информация (2)

- Определение СЭС:

- 1) информация – это сведения, передаваемые людьми устным, письменным или как-либо другим способом (с помощью условных знаков, сигналов, технических средств и т.д.) ;
- 2) с середины XX века информация – это обмен сведениями между людьми, человеком и автоматом, автоматом и автоматом, обмен сигналами в живом и растительном мире, передача признаков от клетки к клетке, от организма к организму.

Информация(3)

- Информация –
сведения, уменьшающие
неопределённость нашего знания об
окружающем нас мире,
которые являются объектом
**хранения, преобразования,
передачи и использования.**

Как создаётся(генерируется) информация?

- Определение Генри Кастлера:
- Информация – случайный и запомненный выбор одного из нескольких возможных и равноправных вариантов.
- Если выбор не случаен, то мы имеем дело с рецепцией информации.

Данные.

1. Данные - это зарегистрированные сигналы.

Примеры:

Менее удачные определения данных:

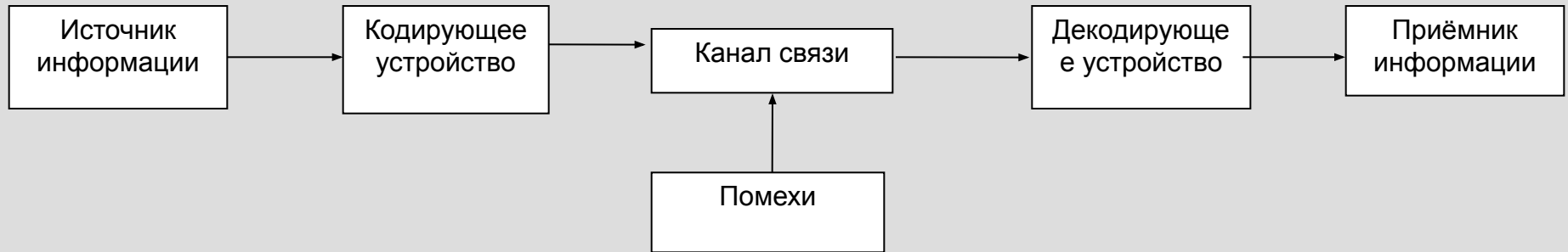
- Данные - это **информация**, представленная в виде, позволяющем запоминать, хранить, передавать или обрабатывать её с помощью технических средств.
- Данные – это **информация** об объекте или отношениях объектов, выраженная в знаковой форме.

(circulus vitiosus)

Связь данных и информации.

- Понятия «данные» и «информация» близки, но не тождественны.
- Любые данные несут какую-то информацию
- Любая информация должна быть представлена в виде данных.

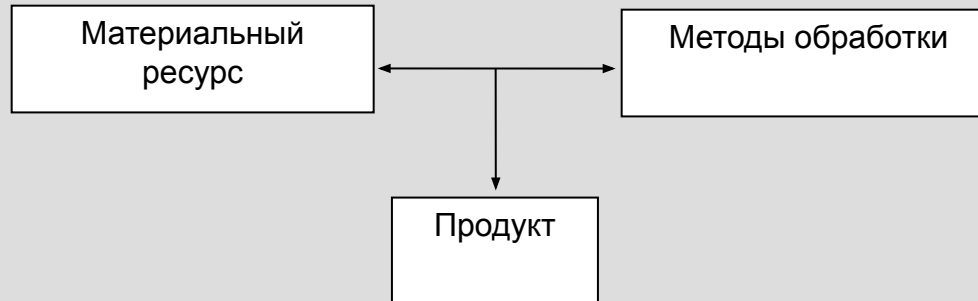
Общая схема передачи информации



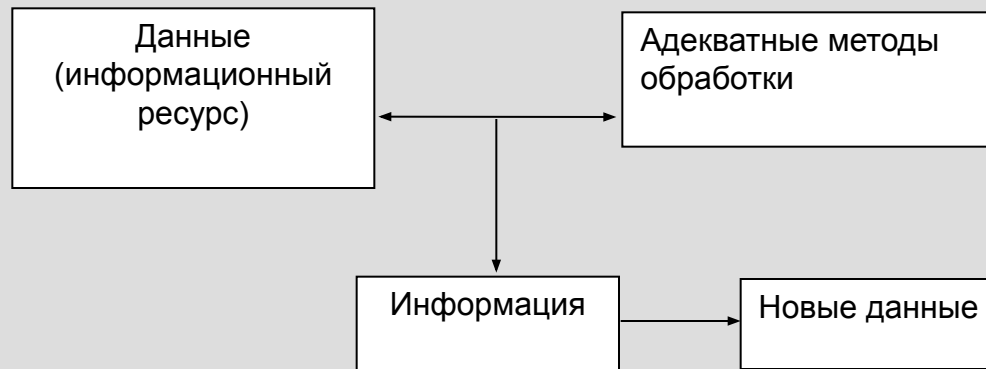
Примеры:

ИТ

Общая схема технологии материального производства:



Общая схема информационных технологий:



ИТ – машинизированные способы обработки, хранения, передачи и использования информации. Два основных элемента ИТ: человек и ЭВМ.

Информатика

- Термин **информатика** появился в середине 60-х годов XX века
- в 1963 г. в журнале «Известия вузов» была опубликована статья Ф.Е. Темникова «Информатика»
- - наука об информации, состоящая из трёх разделов: теории информационных элементов, теории информационных систем и теории информационных процессов.

Информатика (1)

- устоялось французское толкование термина «informatique», которым обозначили науку об электронно вычислительных машинах (ЭВМ) и их применении.
- США вместо термина информатика используют термин «computer science».

Информатика (2)

- **Информатика** – наука, изучающая структуру и общие свойства информации, а также вопросы связанные с её **сбором, хранением, поиском, преобразованием, распространением, использованием** в различных сферах человеческой деятельности.

Информатика (3)

- Д.С. Чернавский даёт следующее определение информатики:
«**Информатика** - наука о процессах передачи, возникновения, рецепции, хранения и обработки информации»
- Выделяет три направления:
техническое, прикладное,
теоретическое

Свойства информации:

1. Информация невоспроизводима.
2. Информация эмерджентна (от английского “emergency”).
3. Информация операциональна (информация побуждает к действию).

Свойства информации (1):

4. Объективность
5. Полнота
6. Достоверность
7. Адекватность
8. Доступность
9. Актуальность
10. Коммерческая ценность

Свойства информации(Мелик-Гайказян)

- Фиксируемость ☐ инвариантность, бренность(недолговечность), изменчивость (мутации), транслируемость (с одного носителя на другой;
- Действительность (для достижения цели) ☐

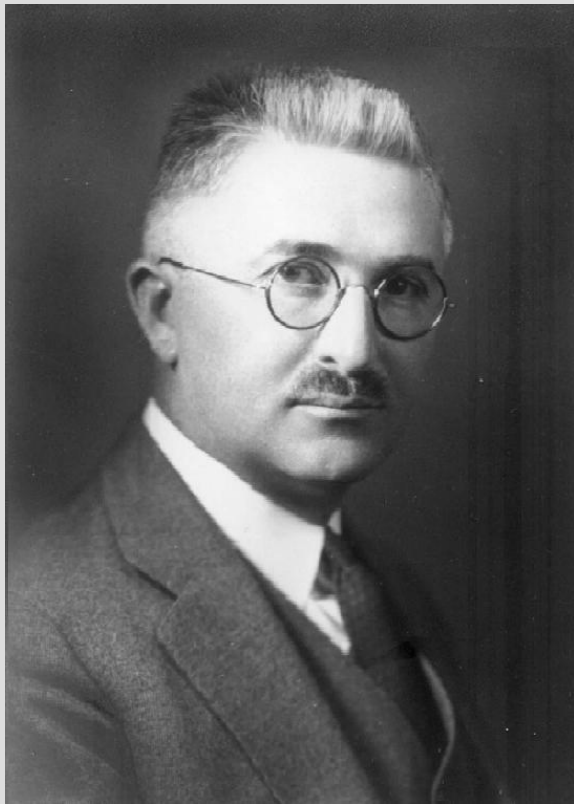
Лекция 2.

**Количество информации:
формула Хартли,
формула Шеннона.
Задачи.**

История вопроса.

- Р. Хартли в 1928, а затем К. Шеннон в 1948 предложили формулы для вычисления количества информации, однако на вопрос о том, что такое информация они так и не ответили.

Ральф Хартли



Клод Шеннон



- Клод Шеннон, американский инженер
- и математика (1916 – 2001).

Как Хартли понимал «информацию»

- Р. Хартли считал, что информация, которую он собирался измерять это «... групп физических символов – слов, точек, тире и т. п., имеющих по общему соглашению известный смысл для корреспондирующих сторон».

Постановка задачи (Хартли)

- Пусть передаётся последовательность из n символов $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$,

каждый из которых принадлежит алфавиту A_m , содержащему m символов.

Сколько различных вариантов таких последовательностей можно составить? Пусть K – искомое число вариантов.

Если $n=1 \Rightarrow K = m$; Если $n=2 \Rightarrow K = m * m = m^2$;

Для произвольного $n \Rightarrow K = m * m * \dots * m = m^n$

$I = \text{Log}_2 K$ – количество информации;

$I = n * \text{Log}_2(m)$

Энтропия

- Формула внешне напоминает формулу Больцмана для вычисления энтропии системы с N равновероятными микросостояниями:

$$S = -k \cdot \ln(W),$$

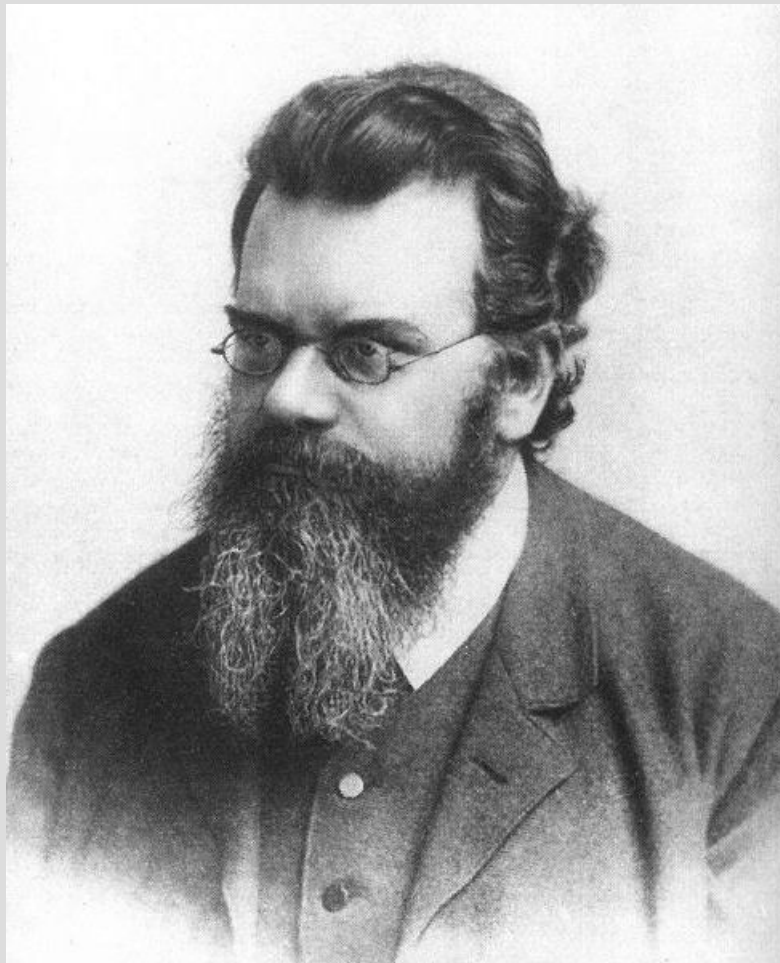
- где k - постоянная Больцмана $= 1,38 \cdot 10^{-23}$;
- $W = 1/N$ вероятность спонтанного принятия одного из микросостояний системы в единицу времени $t = 10^{-13}$ сек.

Информационная энтропия -

это мера неопределённости состояния некоторой случайной величины (физической системы) с конечным или счётным числом состояний.

Людвиг Больцман

Ludwig Eduard Boltzmann



20 февраля 1844 – 5 сентября 1906

формула Хартли

Пусть X – случайная величина, которая может принимать N различных значений x_1, x_2, \dots, x_N ;

если все значения с.в. X равновероятны, то энтропия (мера неопределённости) сл. величины X равна:

$$H(X) = \text{Log}_2 N .$$

Что такое 1 бит ?

- 1 бит - это энтропия системы с двумя равновероятными состояниями.
- Пусть система X может находиться в двух равновероятных состояниях x_1 и x_2 , т.е. $N = 2$;
тогда её энтропия $H(X) = \text{Log}_2 2 = 1$ бит.

Ещё одно определение 1 бита:

- Ответ на вопрос любой природы содержит 1 бит информации, если он с равной вероятностью может быть «да» или «нет».
- Пример. Игра в «пусто-густо».

Задачи на формулу Хартли:

- Правило:

Если в заданном множестве M , состоящем из N элементов, выделен некоторый элемент x , о котором ничего более не известно, то для определения этого элемента необходимо получить $\log_2 N$ бит информации.

Задача 1: «Угадать задуманное число»

- Некто задумал натуральное число в диапазоне от 1 до 32. Какое минимальное число вопросов надо задать, чтобы **гарантированно** угадать задуманное (выделенное) число. Ответы могут быть только «да» или «нет».

Задача 2: «о фальшивой монете»

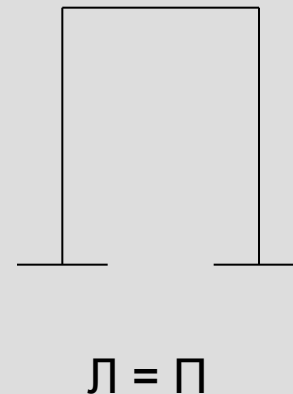
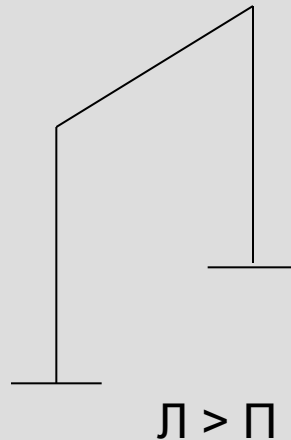
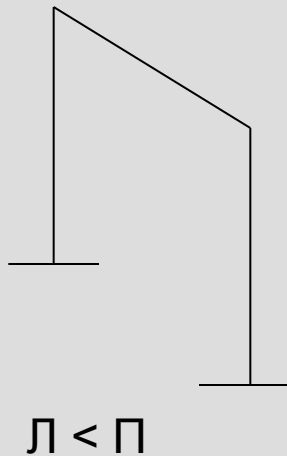
- Имеется 27 монет, из которых 26 настоящих и одна фальшивая. Определите минимальное число взвешиваний на рычажных весах, за которое можно гарантированно определить одну фальшивую монету из 27. Известно, что фальшивая монета легче настоящей.

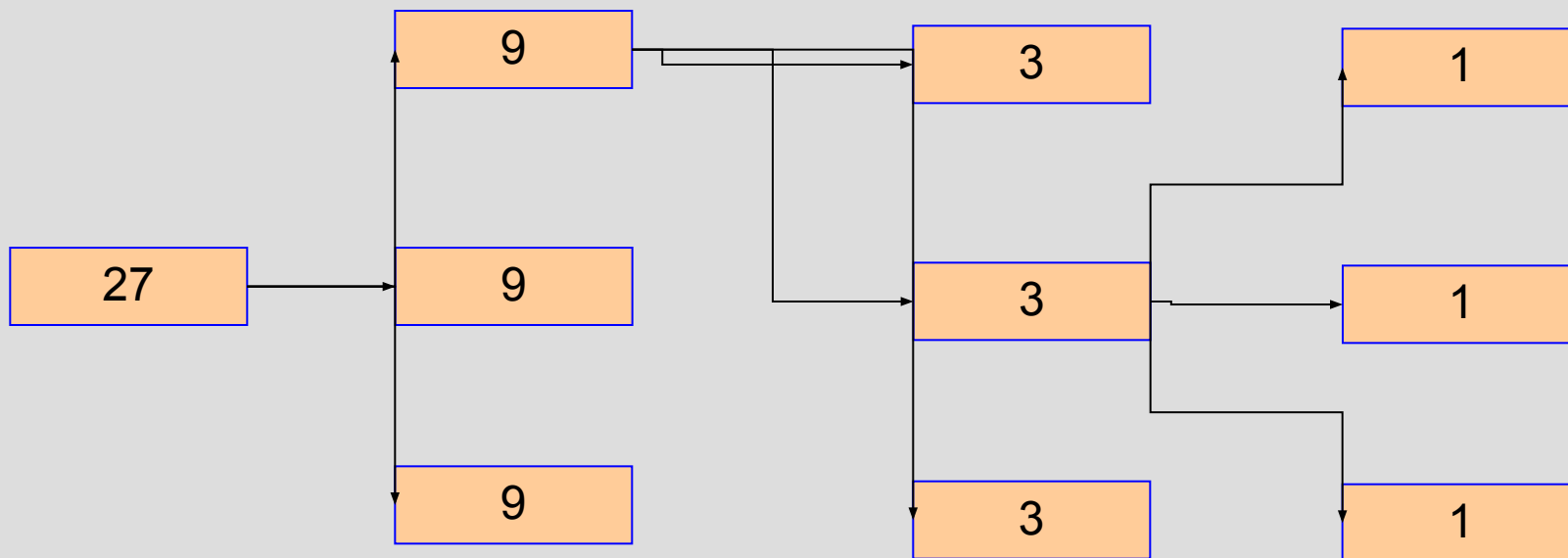
Решение:

- мы можем определить количество информации, которое нужно получить для определения фальшивой монеты:

$$I = \text{Log}_2(27) = 3\text{Log}_2 3;$$

- Одно взвешивание даёт $\text{Log}_2 3$:





Задача 3.

- Не используя калькулятор, оцените с точностью до одного бита энтропию системы, которая может с равной вероятностью находиться в 50 состояниях.

$$H = \log_2 50; \quad 32 < 50 < 64;$$

$$\log_2 32 < \log_2 50 < \log_2 64;$$

$$5 < H < 6$$

Задача 4.

- Энтропия системы составляет 7 бит. Определите число состояний этой системы, если известно, что все они равновероятны.

$$I = \log_2 N \rightarrow N = 2^I \rightarrow$$

при $I = 7 \quad N = 128.$

Количество информации. Формула Шеннона

Задача, которую ставил перед собой К. Шеннон, заключалась в том, чтобы определить систему кодирования, позволяющую оптимизировать скорость и достоверность передачи информации.

Основные понятия ТВ

Опыт; Случайное событие A ;

вероятность $p(A)$;

достоверное событие $= \Omega$; $p(\Omega) = 1$;

невозможное событие $= \emptyset$; $p(\emptyset) = 0$;

для всех остальных событий $0 < p(A) < 1$;

Если события $A_1, A_2 \dots A_n$ попарно несовместны и образуют полную группу, то

$$p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1.$$

Количество информации, содержащееся в сообщении из n символов (Шеннон).

- На месте каждого символа в сообщении может стоять любой символ алфавита A_m ; количество информации, приходящееся на один символ сообщения, равно среднему значению информации по всем символам алфавита A_m :

$$-\sum_{i=1}^m p_i \log_2(p_i)$$

Общее количество информации, содержащееся в сообщении из n символов равно:

$$I = -n * \sum_{i=1}^m p_i \log_2(p_i)$$

Энтропия дискретной системы:

- В общем случае количество энтропии H произвольной системы X (случайной величины), которая может находиться в m различных состояниях x_1, x_2, \dots, x_m с вероятностями p_1, p_2, \dots, p_m , вычисленное по формуле Шеннона равно:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^m p_i \log_2(p_i),$$

где p_i - вероятность события $X = x_i$.

Комментарий

- Количество энтропии системы (случайной величины) X не зависит от того, в каких конкретно состояниях x_1, x_2, \dots, x_m может находиться система, но зависит от числа m этих состояний и от вероятностей p_1, p_2, \dots, p_m , с которыми система может находиться в этих состояниях.
- Максимум энтропии $H(X)$ достигается в том случае, когда все состояния системы равновероятны.

$$-\sum_{i=1}^m p_i \log_2(p_i) \leq \log_2(m).$$

Может ли энтропия системы, которая принимает случайным образом одно из 4-х состояний, равняться:

а) 3; б) 2.1 в) 1.9 г) 1; д) 0.3 ?

Комментарий+

- Количество информации, вычисленное по формуле Шеннона, для осмысленного сообщения, и сообщения полученного из него произвольной перестановкой букв, будет одинаковым.

пример: сообщения

«начало_в_15:00»

«ачанол_1_в50:0»

содержат одинаковое количество информации

94НН03 С006ЩЗННЗ ПОК43Ы8437, К4КНЗ У9Н8Н7ЗЛЬНЫЕ 83ЩН МОЖЗ7

Приращение энтропии:

- Если после получения некоторого сообщения неопределённость системы X стала меньше, но не исчезла совсем, то количество информации, содержащееся в таком сообщении равно приращению энтропии:

$$I = H_1(X) - H_2(X)$$

Пример: игральный кубик.

Приращение энтропии:

- Количество информации, приобретаемое при **полном** выяснении состояния физической системы, равно энтропии этой системы;

$$\text{если } H_2(X) = 0, \text{ то } I = H_1(X)$$

т.е.

*Вся энтропия перешла в
информацию !!!*

Единицы измерения информации:

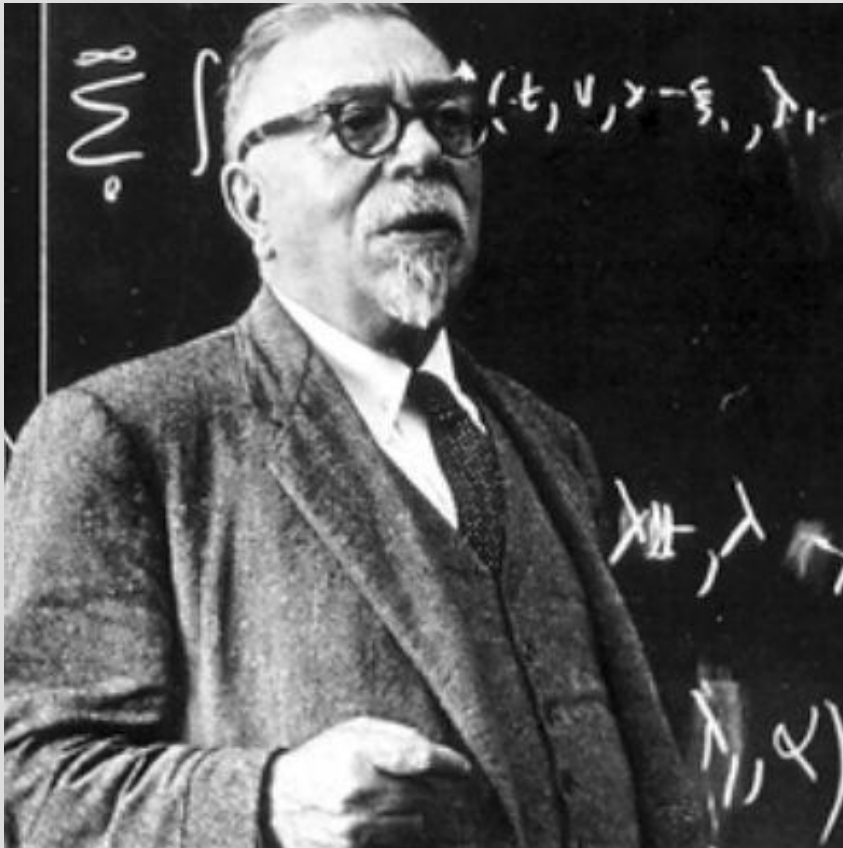
Bit = бит, Byte = байт

- 1 байт = 2^3 бит = 8 бит
- 1 Килобайт (Кбайт) = 2^{10} байт = 1024 байт
- 1 Мегабайт (Мбайт) = 2^{10} Кбайт = 1024 Кбайт
- 1 Гигабайт (Гбайт) = 2^{10} Мбайт = 1024 Мбайт
- 1 Терабайт (Тбайт) = 2^{10} Гбайт = 1024 Гбайт
- 1 Петабайт (Пбайт) = 2^{10} Тбайт = 1024 Тбайт

Лекция 3.

Кибернетика,
кибернетические системы.

- В 1948 г. вышла в свет знаменитая книга “Кибернетика, или управление и связь в животном и машине”, автором которой был Норберт Винер (1894-1964).



«Кибернетика – наука о управлении и связи в живом организме и машине».

от греческого «kybernetike»

Основные понятия кибернетики.

Основной тезис Винера:
подобие процессов управления и связи
в машинах, живых организмах и обществах

Это прежде всего процессы
передачи, хранения и переработки информации.

К 70-ым годам XX века кибернетика сложилась
как физико-математическая наука со своим
собственным предметом исследования –
кибернетическими системами.

Система, структура.

- **Системой** называется совокупность элементов, взаимосвязь и взаимодействие которых приводит к возникновению новых интегративных свойств этой совокупности, не сводимых к свойству составляющих её элементов.

Под **строением системы** подразумевают элементы, из которых она состоит и из которых могут быть образованы отдельные её части – **подсистемы**.

Система, структура (1).

- **Структура системы** - связи и взаимодействия между её элементами, благодаря которым возникают новые интегративные свойства системы, отличные от свойств её элементов.

Характер взаимодействия элементов определяет тип систем: химические, физические, биологические, социальные.

Кибернетическая система

- **Кибернетическая система** – множество взаимосвязанных объектов (элементов), способных воспринимать, хранить, перерабатывать и использовать информацию для управления и регулирования системой.
- Примеры:
 - пчелиный рой
 - государство
 - компьютер

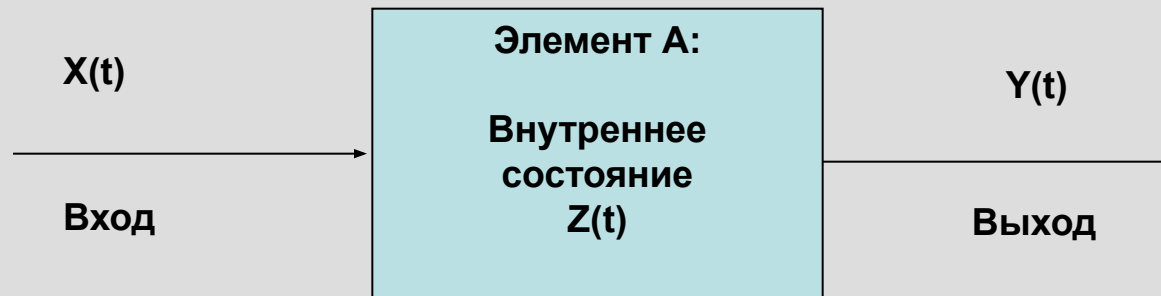
определение кибернетики, данное А.Н. Колмогоровым:

- Кибернетика изучает машины, живые организмы и их объединения исключительно с точки зрения их способности:
- воспринимать определённую «информацию»;
- сохранять эту информацию в «памяти»;
- передавать её по «каналам связи»;
- перерабатывать её в «сигналы», направляющие их деятельность в соответствующую сторону.

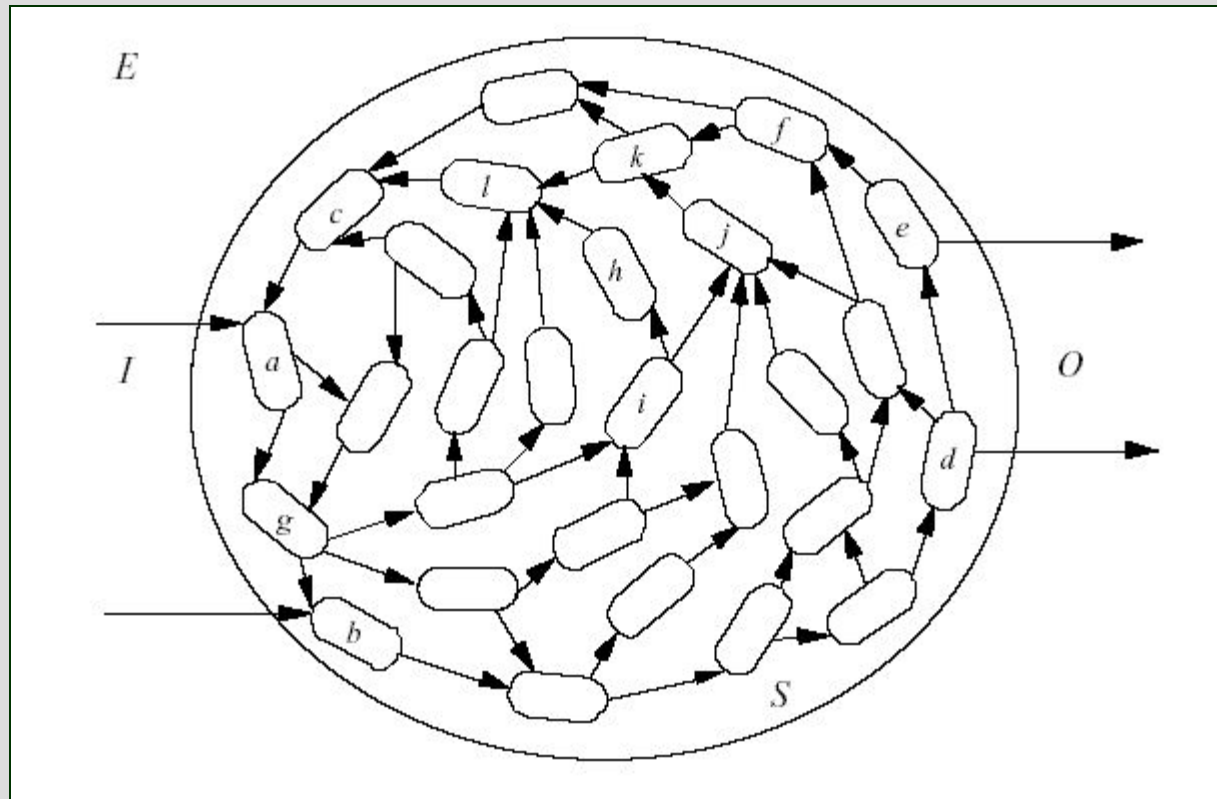
Математическая формализация определения Колмогорова:

- Пусть КС состоит только из одного элемента A : где $A = \{ x, y, z, F, G \}$
- $x(t)$ – входной сигнал элемента A ;
- $y(t)$ – выходной сигнал элемента A ;
- $z(t)$ – внутреннее состояние элемента A ;
- $z(t) = F(t, x, z(t_{\text{пред}}))$;
- $y(t) = G(t, x, z(t_{\text{пред}}))$;
- надо задать $z(0)$ и $y(0)$ – начальные усл.

Структурная схема одноэлементной КС:



Структурная схема многоэлементной КС:



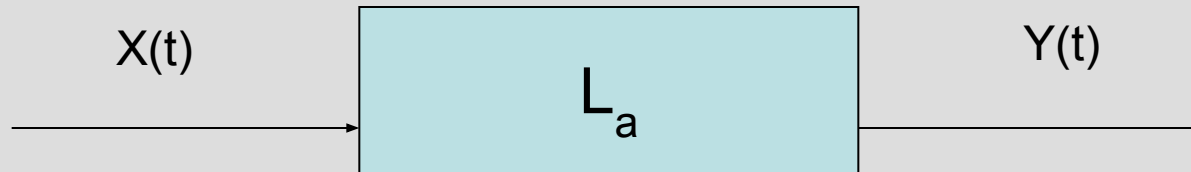
Новый метод исследования в XX веке:

- Дедукция (математика)
- Индукция (экспериментальные науки)
- Машинный эксперимент

Основные этапы машинного эксперимента:

- постановка задачи;
- построение математической модели изучаемой системы;
- выбор или разработка алгоритма решения задачи;
- написание программы на основе предложенного алгоритма;
- анализ полученных результатов, сравнение модели и реального объекта;
- корректировка модели, алгоритма или программы.

Основные типы задач математического моделирования:



- **Прямая задача:** заданы $X(t)$, L и параметры «а». Надо найти реакцию системы $Y(t)$.
- **Обратная задача:** Задана L , параметры «а», известна реакция $Y(t)$. Требуется определить $X(t)$, которое вызвало заданную реакцию $Y(t)$.
- **Задача идентификация параметров:** задано описание системы L , вход $X(t)$ и реакция $Y(t)$. Требуется уточнить параметры системы «а».
- **«Чёрный ящик»:** Известна реакция системы $Y(t)$ на воздействие $X(t)$. Требуется воссоздать описание системы L_a так, чтобы для заданных воздействий получать заданные реакции.

Линейные системы

1. если $y = L(x)$, то $L(k*x) = k*y$;
2. если $y_1 = L(x_1)$, а $y_2 = L(x_2)$, то $L(x_1+x_2) = y_1+y_2$.

Лекция 4.

История развития вычислительной техники.

ENIAC - первая ЭВМ.

Принципы Джона фон Неймана организации ЭВМ.

Схема работы УУ.

Основные этапы развития ВТ

- **Абак. Известен с 3 тыс. до н. э. (Древний Вавилон). Начиная с IV в. до Р.Х абак использовался для выполнения арифметических вычислений.**
- **Известен эскиз суммирующей машины, сделанный Леонардо да Винчи (15 век).**

Первую суммирующую 8 – ми разрядную машину построил Блез Паскаль (1641-1645).



1623-1662

Лейбниц (1673 г.) создал первый арифмометр (выполнял все 4-е действия).



1646-1716

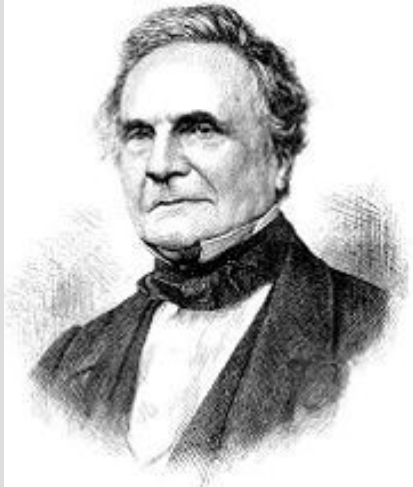
первым придумал
использовать 2сс для представления
чисел и выполнять
вычисления в двоичной
системе счисления.

Лейбниц

В трактате «Об искусстве комбинаторики» (1666) предвосхитил некоторые моменты современной математической логики, он выдвинул идею о применении в логике математической символики и построении логических исчислений, поставил задачу логического обоснования математики.

Готфрид Лейбниц сыграл важную роль в истории создания электронно-вычислительных машин: он предложил использовать для целей вычислительной математики бинарную систему счисления, писал о возможности машинного моделирования функций человеческого мозга. Лейбницу принадлежит термин «модель».

Чарльз Бэббидж в начале XIX века создал машину, структура которой аналогична современным ЭВМ



1791 - 1871

«Склад» для хранения чисел (устройство хранения данных в современных ЭВМ).

«Фабрика» –вычислительное устройство (ВУ), выполняющее операции над числами (в современных ЭВМ ему соответствует процессор).

Устройство управления (УУ) - также присутствует в современных ЭВМ.

Устройство ввода-вывода (УВВ) данных – на печать и на перфокарты.

Ада Лавлейс – первый программист



- Составила описание машины Бэббиджа.
- Написала первые алгоритмы и программы для машины Бэббиджа..

1815 - 1852

Конрада Цузе. Он считается создателем первой работающей программируемой ЭВМ и первого языка программирования высокого уровня.



В 1934 г. Цузе придумал модель автоматического калькулятора (Z1), которая состояла из УУ, ВУ, памяти и полностью совпадала с архитектурой современных компьютеров .

(1910 -1995).

Вклад Цузе в развитие ВТ

сформулировал шесть принципов работы компьютеров:

- должна использоваться двоичная система счисления;
- должны использоваться устройства, работающие по принципу да/нет;
- должен быть полностью автоматизирован процесс работы ВУ;
- процесс вычислений должен управляться программно;
- необходима поддержка арифметики с плавающей запятой, а не только с фиксированной;
- следует использовать память большой ёмкости.

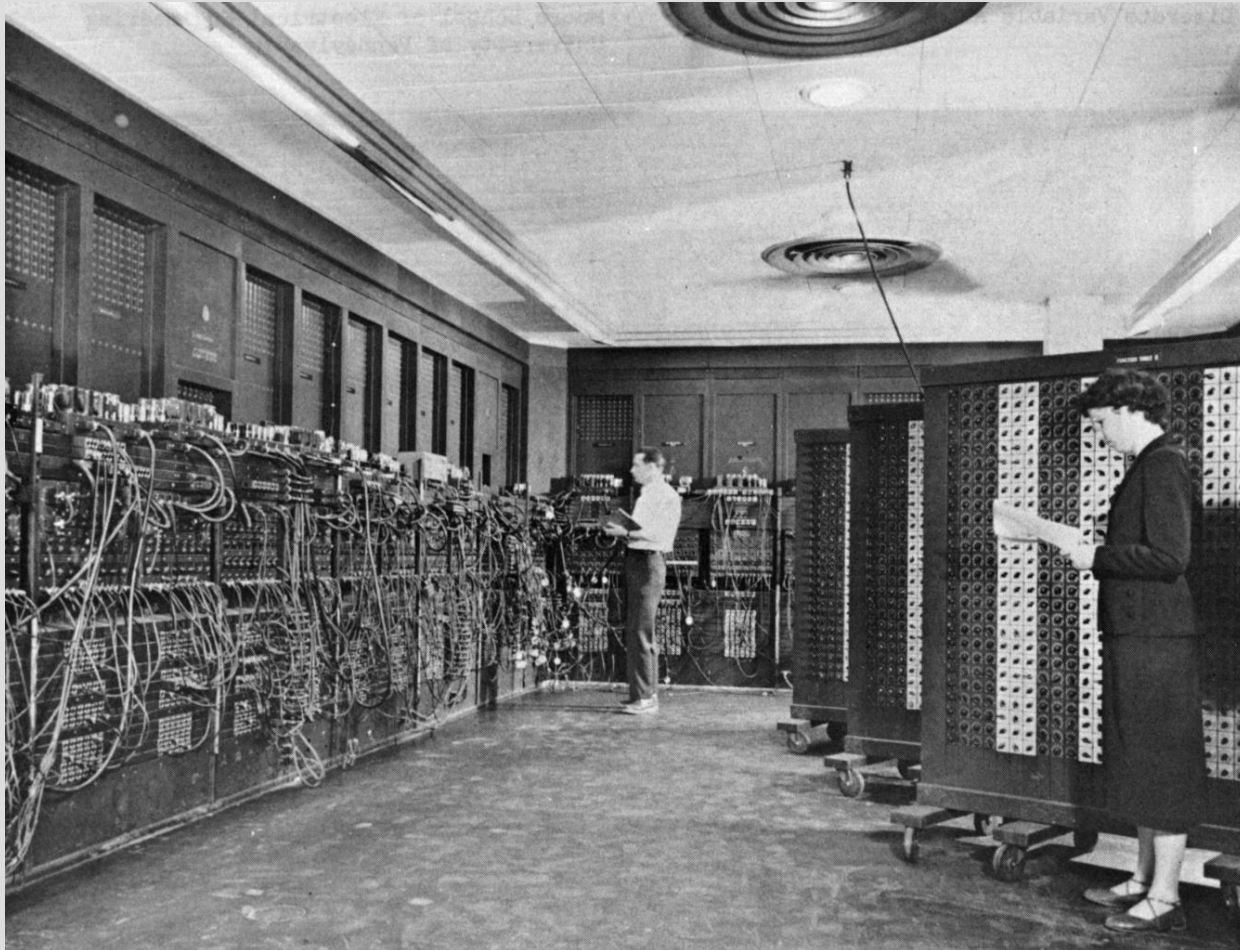
Вклад Цузе в развитие ВТ(1)

- В сентябре 1950 года Цузе сконструировал машину Z4. Это был единственный работающий компьютер в Европе и первым компьютером в мире, который был продан.
- Цузе первым разработал язык программирования, не привязанный к архитектуре ЭВМ (1966 г).

Первая ЭВМ - ENIAC

- Electronic Numerical Integrator and Automatic Calculator
 - Руководили проектом Дж. Маучли и Преспера Эккерта (Пенсильванский университет).
- (начало в 1943 г.; в 1946 (1945) была продемонстрирована ЭВМ ENIAC)

Потребляемая мощность — 150 кВт.
300 операций умножения или 5000 операций сложения
в секунду. Вес - 27 тонн. Вычисления в 10 системе.



EDVAC – вторая ЭВМ

- Electronic Discrete Variable Automatic Computer
- первый компьютер с хранимой в памяти программой; работал в двоичной сс.

EDVAC



- память — 5.5 Кб
- сложение - 864 микросекунды,
- умножения — 2900 микросекунд
- 6000 электровакуумных ламп
- и 12000 диодов
- потреблял 56 кВт энергии.
- Занимаемая площадь — 45,5 м²
- масса — 7850 кг.
- обслуживающий персонал — 30 чел.
- на каждую 8-часовую смену.

Первые ЭВМ в СССР

- В СССР первая ЭВМ была запущена в регулярную эксплуатацию в 1951 г. под руководством С.М. Лебедева.
- Эта машина известна под названием МЭСМ – малая электронно счётная машина.
- В 1953 г. С.М. Лебедевым была запущена самая производительная на тот момент в Европе ЭВМ – БЭСМ (большая электронно счётная машина).

Принципы Дж. фон Неймана

- Основные блоки ЭВМ - УУ, АЛУ, ОП или ОЗУ, ВЗУ, УВВ.
- УУ + АЛУ = процессор;
- Алгоритм представлен в виде совокупности команд = программа;
- Команда – совокупность сведений, необходимых процессору для выполнения определённого действия.
- Адресный принцип.



1903-1957

Принципы Дж. фон Неймана (1)

- Структура команды:

КОП	Адрес1	Адрес2	Адрес3
-----	--------	--------	--------

- Данные и программа кодируются в 2сс и хранятся в оперативной памяти (ОП);
- Человек не должен вмешиваться в работу машины;
- Ход вычислений может нарушаться с помощью команд БП и УП.

Принципиальная схема ЭВМ Джона фон Неймана.

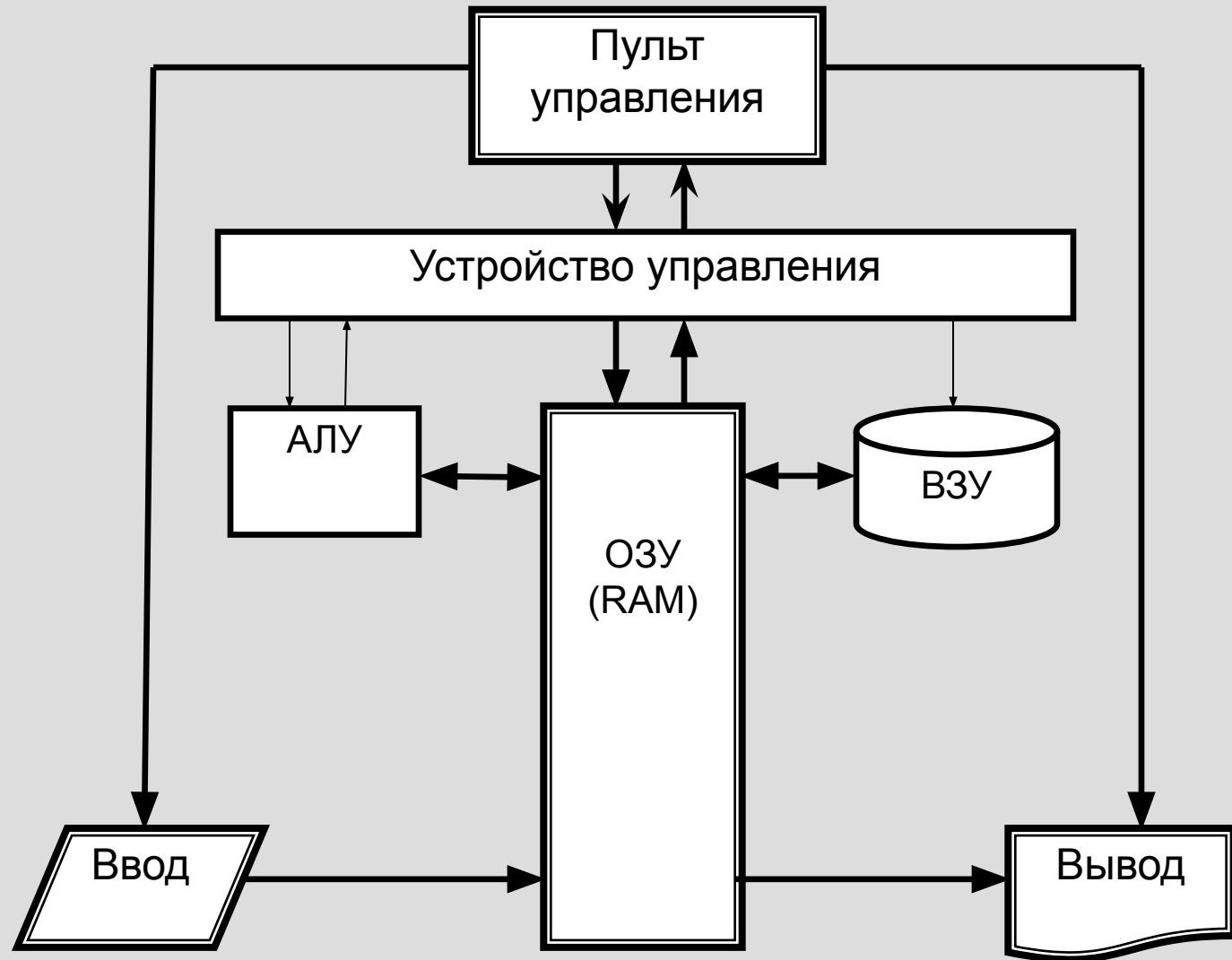
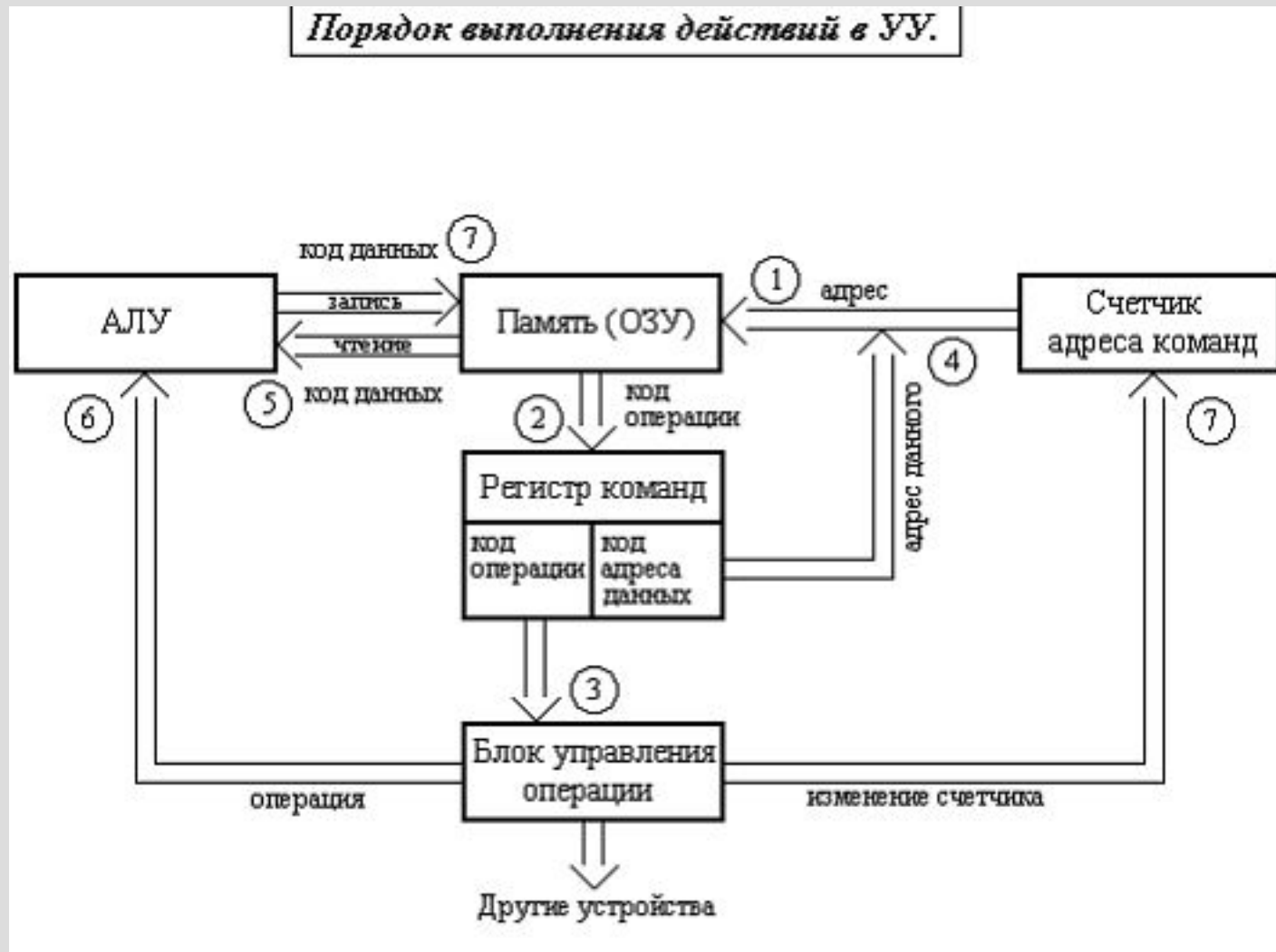
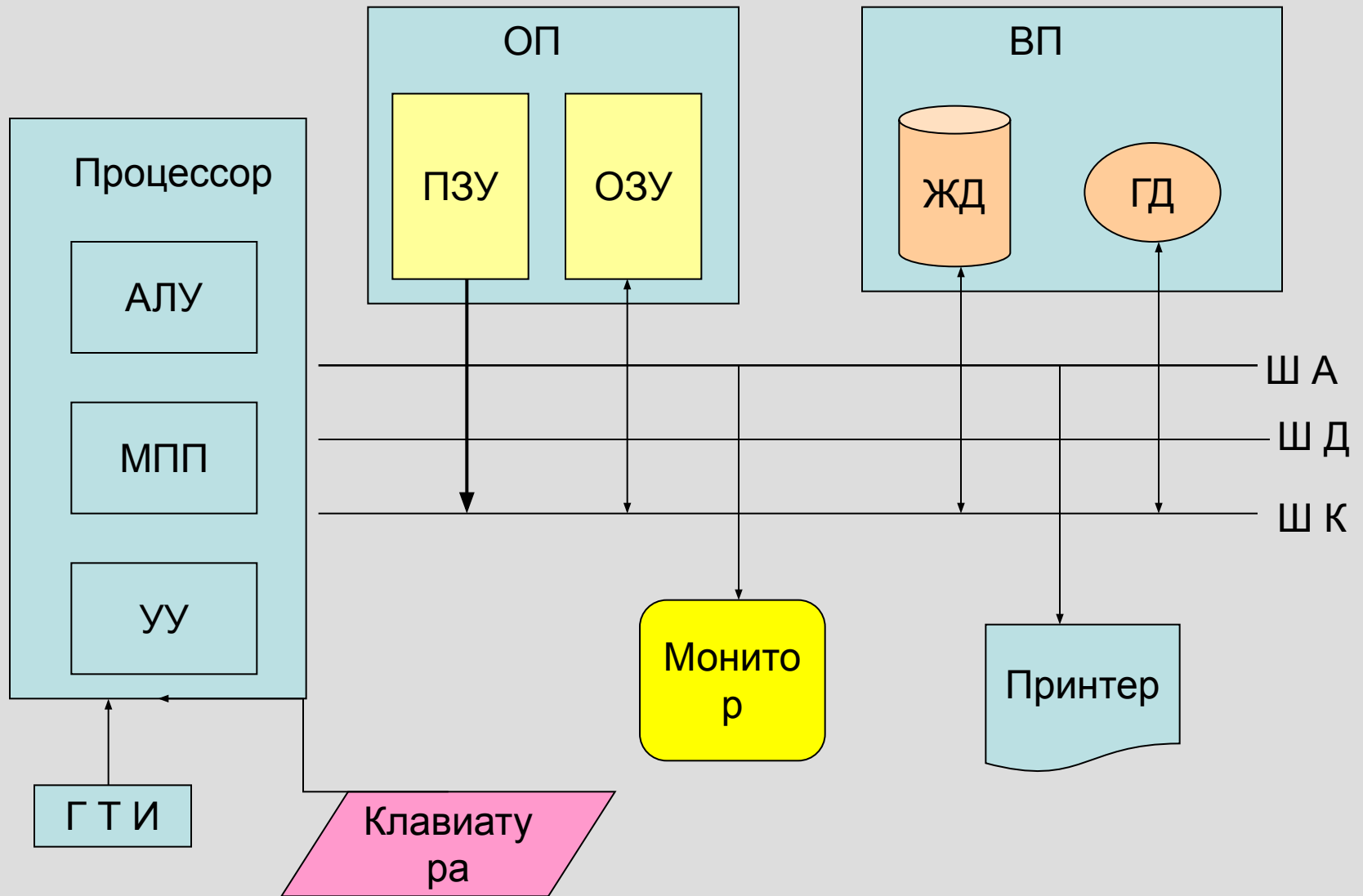


Схема работы УУ



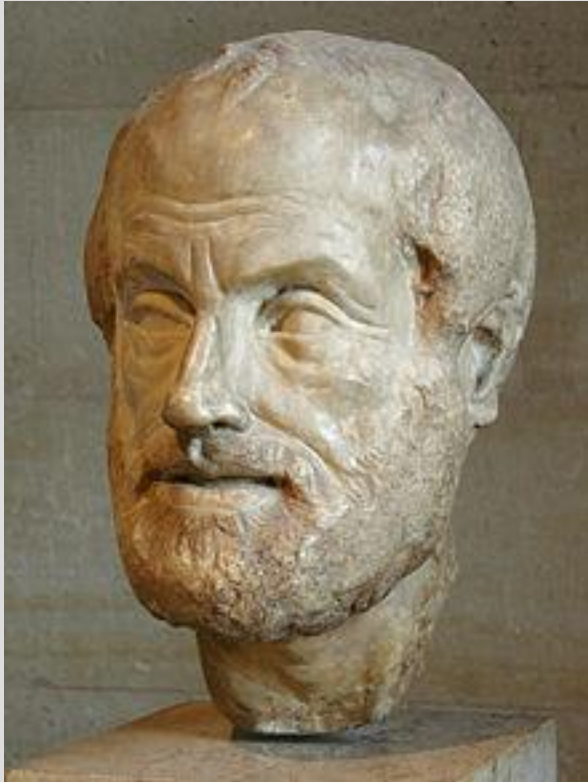
Структурная схема ПК с общей шиной.



Лекция 5.

Основы математической логики.
Основные логические операции
Таблицы истинности.

Аристотель – основатель логики.



Основоположник
формальной логики
и силлогистики.

(384-322 до н.э.)

Джордж Буль – основатель математической логики.



1. Показал, что существует аналогия между алгебраическими и логическими действиями.
2. Придумал систему обозначений и правил для преобразования логических выражений.

(1815 – 1864).

Понятие

- Понятие: с помощью **понятий** мы указываем классы, к которым принадлежат или не принадлежат мыслимые нами вещи.
- Мы имеем понятие о некоторой вещи, если знаем и можем словесно выразить, какие условия **необходимы и достаточны** для её однозначного определения.

Необходимые условия

- Условие необходимо для данного класса вещей, если все элементы (представители) данного класса и, возможно, некоторые элементы из его дополнения удовлетворяют ему.

Достаточные условия

- Условие достаточно для данного класса, если некоторые (м.б.все) элементы этого класса удовлетворяют ему, и ни один элемент из дополнения класса не удовлетворяет этому условию.

Необходимые и достаточные условия

- Если некоторая вещь не может существовать без данного свойства, то оно является необходимым для данной вещи;
- Если из существования некоторого свойства следует существование вещи, то такое свойство является достаточным для этой вещи.

Понятие(1)

- Пример: стул =
- 1) предмет мебели
- 2) предназначен для одного человека
- 3) есть спинка
- 4) нет подлокотников
- Содержание понятия – совокупность необходимых условий, выражаемую понятием;
- Объём понятия – классы вещей, которые выполняют условия содержания понятия;

Суждение

Простое суждение.

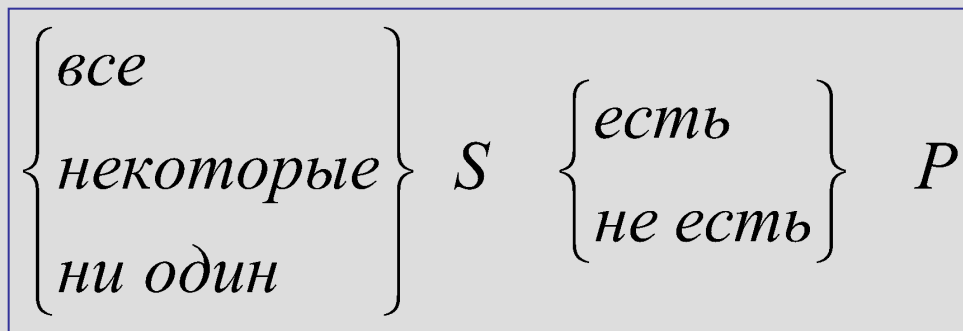
- Мы имеем суждение о некоторой вещи, если можем выразить словесно её отношение к другой вещи или к себе самой.
- Основная языковая форма суждения – повествовательное предложение.
- Суждение может быть истинным, ложным или неопределённым.

Структура простого суждения

- субъекта суждения (S) – класс вещей, о котором нечто утверждается (отрицается);
- предиката суждения (P) – класс вещей, который утверждается относительно субъекта; предикат выражает то, что утверждается относительно S;
- утвердительной или отрицательной связки «есть» или «не есть», которая ставится между S и P;
- слов «все», «некоторые», «ни один», которые ставятся перед субъектом.

\forall \exists $\bar{\exists}$ $\exists!$

Структура простого суждения(1)



Примеры:

Все хотят быть счастливыми.

Некоторые студенты пропускают лекции.

Ни один человек не хочет быть больным.

Некоторые чиновники не берут взятки.

Есть люди, которые любят только себя.

Виды суждений:

. В традиционной логике принято разделять суждения по модальности, т. е. по характеру связи между субъектом и предикатом, на три вида:

- 1) вероятностные - "S, вероятно, есть P",
- 2) ассерторические - "S есть P" и
- 3) аподиктический - "S необходимо есть P".

Виды суждений (продолжение):

В суждениях первого вида отражаются возможные связи между субъектом и предикатом, например:

"Илиада" есть, вероятно, продукт коллективного творчества";

Ассерторическое суждение утверждает наличие действительно существующей связи между субъектом и предикатом, напр.:

"Киев расположен на берегу Днепра";

Аподиктическое суждение выражает необходимую связь субъекта и предиката:

"Вокруг проводника, по которому проходит электрический ток, возникает магнитное поле".

Если ассерторические суждения используются для констатации фактов, то в Аподиктических суждениях выражаются законы природы.

Различие между первыми и вторыми не может быть усмотрено из самой формы суждений и является не вполне определенным.

Необходимость А. суждения должна быть обоснована с помощью теоретического доказательства.

Истинные и ложные суждения

- **Суждение истинно**, если в нём утверждается связь между объектом и признаком имеющая место в действительности, или отрицается связь, не имеющая места в действительности.
- **Суждение ложно**, если
- Истина обозначается True, Т, 1, И
- Ложь – False, F, 0, Л.

Сложные суждения:

- Сложные суждения состоят из нескольких простых, соединённых различными логическими союзами:
- «**НЕ**верно, что 3 чётное число»,
- «Солнце светит **И** идёт дождь»,
- « $2 > 0$ или $2 < 8$ »,
- «**ЕСЛИ** все углы треугольника равны 60° , **ТО** треугольник равносторонний »,
- «Я поеду **ИЛИ** на автобусе **ИЛИ** на такси».
- «Для A необходимо и достаточно B»

Отрицание

«не A»

A	неA
1	0
0	1

Конъюнкция

A&B A and B $A \wedge B$

A	B	$A \wedge B$
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

Дизъюнкция

A or B или $A \vee B$

A	B	$A \vee B$
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Сильная дизъюнкция

Импликация

$A \text{ xor } B$

если A , то B

A	B	$A \text{ xor } B$
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

A	B	$A \rightarrow B$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

Отрывок из «Дорожных жалоб»

- Иль чума меня подцепит,
Иль мороз окостенит,
Иль мне в лоб шлагбаум влепит
Непроворный инвалид.

Иль в лесу под нож злодею
Попадуся в стороне,
Иль со скуки околею
Где-нибудь в карантине.

Эквиваленция -

– это логическая связка, которая выражается словами «А тогда и только тогда, когда В », «для А необходимо и достаточно В».

A	B	$A \leftrightarrow B$
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	1

Приоритет выполнения логических операций:

- отрицание,
- конъюнкция,
- дизъюнкция,
- сильная дизъюнкция,
- импликация,
- эквиваленция.

$$A \wedge B \vee C = (A \wedge B) \vee C;$$

$$\text{не } A \vee B \square C = ((\text{не } A) \vee B) \square C;$$

Таблица истинности (пример)

$$\text{не } A \vee B \rightarrow A \wedge \text{не } B$$

A	B	не A	не B	не A \vee B	A \wedge не B	(не A \vee B) \rightarrow (A \wedge не B)
1	1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0

правила преобразования логических выражений

- не (не A) = A
- $A \wedge A = A$
- $A \wedge 1 = A$
- $A \wedge 0 = 0$
- $A \wedge \text{не } A = 0$

- $A \wedge (B \vee A) = A$
- $A \vee (B \wedge A) = A$

$$A \rightarrow B = \text{не } A \vee B$$

- $A \vee A = A$
- $A \vee 1 = 1$
- $A \vee 0 = A$
- $A \vee \text{не } A = 1$

Законы де Моргана:

$$\overline{A \wedge B} = \bar{A} \vee \bar{B}$$

$$\overline{A \vee B} = \bar{A} \wedge \bar{B}$$

Свойства логических операций:

- коммутативность
- $A \wedge B = B \wedge A;$
- $A \vee B = B \vee A;$
- ассоциативность
- $A \wedge (B \wedge C) = (A \wedge B) \wedge C ;$
- $A \vee (B \vee C) = (A \vee B) \vee C;$
- дистрибутивность
- $A \wedge (B \vee C) = (A \wedge B) \vee (A \wedge C);$
- $A \vee (B \wedge C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C);$

Пример: упростить формулу:

$$\overline{(A \vee B \rightarrow A \vee B)} \wedge B =$$

$$(\overline{\overline{A \vee B \vee A \vee B}}) \wedge B =$$

$$=(A \vee B \vee A \vee B) \wedge B =$$

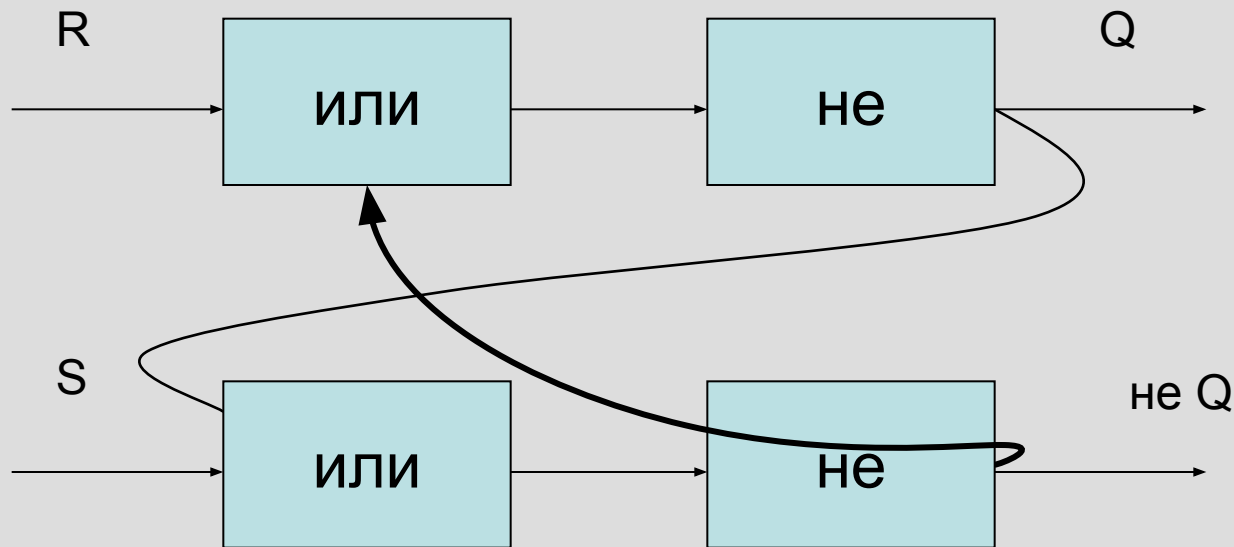
$$=(A \vee B) \wedge B = B$$

Пример: составить таблицу истинности для
 $(A \rightarrow B) \wedge (C \rightarrow A)$

A	B	C	$A \rightarrow B$	$C \rightarrow A$	$(A \rightarrow B) \wedge (C \rightarrow A)$
1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1
1	0	1	0	1	0
1	0	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0
0	1	0	1	1	1
0	0	1	1	0	0
0	0	0	1	1	1

Схема работы RS триггера

Триггер – электронное устройство, с помощью которого можно записывать, хранить и считывать двоичные коды. Триггер имеет два устойчивых состояния: одно принимается за ноль (0), другое за единицу (1).



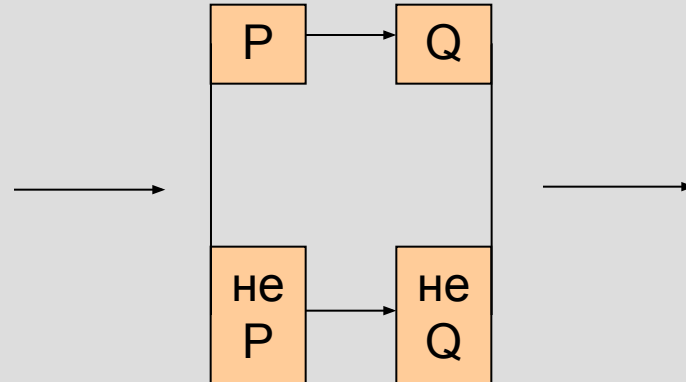
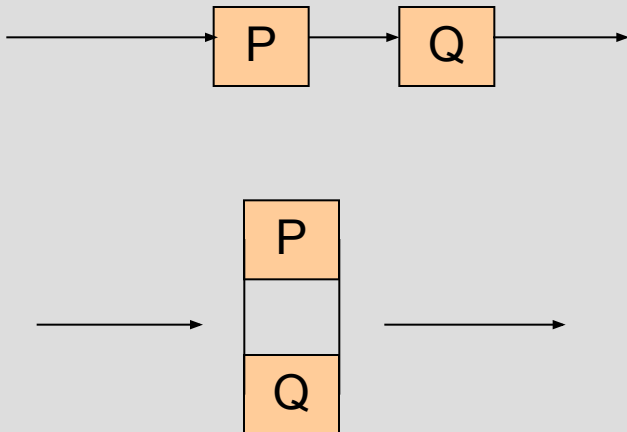
R	S	Q	не Q
1	0	0	1
0	1	1	0
0	0	сох	сохр

недопустимая комбинация: R=1 и S=1

Логика и релейно-контактные схемы

Каждой РКС можно поставить в соответствие формулу алгебры логики.

1. переключатели (реле, электр. лампы, полупроводники)
2. провода
3. вход и выход схемы.



$$(P \wedge Q) \vee (\text{не} P \wedge \text{не} Q)$$

Лекция 6 и 7.

Системы счисления. Позиционные системы.
2сс, 8сс, 16сс.

Перевод чисел из одной сс в другую.

Представление чисел в ЭВМ.

Числа с плавающей и фиксированной точкой.

Системы счисления.

- **Система счисления** – совокупность приёмов и правил для изображения чисел с помощью символов, имеющих определённые количественные значения.

Узловые и алгоритмические числа.

Системы счисления **позиционные и непозиционные**:

В римской сс узловые числа:

I, V, X, L, C, D, M

II, III, IV, VI, VII, VIII, IX, LX , CXXI

Позиционная система

- Пример: 535.15 или 3433.537
- Основание ss – количество цифр ss ;
или

количество единиц младшего разряда, которое равно одной единице соседнего старшего разряда.

Примеры чисел в 3сс:

- Троичная система; основание = 3,
- используются три цифры {0, 1, 2},
- 211_3 , 102.21_3
- В троичной системе
 $1+2=10$; (три в десятичной)
 $12+1=20$ (в десятичной $5+1 = 6$)

Общее правило для изображения чисел в позиционной системе счисления

- Задано основание системы счисления – натуральное $B > 1$.
- Заданы цифры (алфавит) системы счисления A_i , $i=1, 2, \dots, B$ (т.е. их B штук).
- Позиционная запись числа X :

$$X = R_m R_{m-1} \dots R_1 R_0 \bullet R_{-1} R_{-2} \dots R_{-k}$$

или

$$X = R_m B^m + R_{m-1} B^{m-1} + \dots + R_1 B^1 + R_0 B^0 + \\ + R_{-1} B^{-1} + R_{-2} B^{-2} + \dots + R_{-k} B^{-k}$$

$$X = \sum_{s=-k}^m R_s * B^s$$

Пример:

- запись $X = 3269.721$
означает:

$$X = 3 * 10^3 + 2 * 10^2 + 6 * 10^1 + 9 * 10^0 + \\ 7 * 10^{-1} + 2 * 10^{-2} + 1 * 10^{-3}$$

Первые 16 натуральных чисел в 2сс:

$0+1 = 1$	1	$100+1 = 101$	5	$1000+1=1001$	9	$1100+1$ $=1101$	13
$1+1 = 10$	2	$101 +1 = 110$	6	$1001+1=1010$	10	$1101+1$ $=1110$	14
$10+1 = 11$	3	$110 +1 = 111$	7	$1010+1=1011$	11	$1110+1$ $=1111$	15
$11+1 = 100$	4	$111+1 = 1000$	8	$1011+1=1100$	12	$1111+1$ $=1\ 0000$	16

Восьмеричная сс:

8 сс	Dec	8 сс	Dec
$7+1=10$	8	$13+1=14$	12
$10+1=11$	9	$14+1=15$	13
$11+1=12$	10	$15+1=16$	14
$12+1=13$	11	$16+1=17$	15
		$17+1=20$	16

16 сс:

- В 16сс используются 16 цифр
- первые десять – это 0, 1, 2,... 9,
- недостающие цифры изображают с помощью букв A, B, C, D, E, F:
- $A = 9 + 1$ (10), $B = A + 1$ (11), $C = B + 1$ (12),
- $D = C + 1$ (13), $E = D + 1$ (14), $F = E + 1$ (15),
- $F + 1 = 10_{16}$.

Сводная таблица (первые 16 натуральных)

10 cc	2 cc	8 cc	16 cc
0	0000	00	0
1	0001	01	1
2	0010	02	2
3	0011	03	3
4	0100	04	4
5	0101	05	5
6	0110	06	6
7	0111	07	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

Перевод из 2сс □ 10сс

$$\begin{array}{ccccccccccc} 7 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & 0 & -1 & -2 & -3 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & . & 1 & 0 & 1 = \end{array}$$

$$\begin{aligned} &= 1*2^7 + 1*2^6 + 1*2^5 + 0*2^4 + 0*2^3 + 1*2^2 + 0*2^1 + 1*2^0 + \\ &\quad + 1*2^{-1} + 0*2^{-2} + 1*2^{-3} = \\ &= 128 + 64 + 32 + 4 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{8} = 229\frac{5}{8} \end{aligned}$$

Перевод из 10сс в 2сс числа 58.73

Переводим целую часть:

- $58 : 2 = 29$ **(0)** $r = 29, q = 0$
- $29 : 2 = 14$ **(1)** $r = 14, q = 1$
- $14 : 2 = 7$ **(0)** $r = 7, q = 0$
- $7 : 2 = 3$ **(1)** $r = 3, q = 1$
- $3 : 2 = 1$ **(1)** $r = 1, q = 1$
- $1 : 2 = 0$ **(1)** $r = 0, q = 1$ (Stop)

$$58 = 111010_2$$

r – частное; q - остаток

Переводим дробную часть числа 58.73

- $0.73 * 2 = 1. (46) \quad \mathbf{r=1}, \quad q=0.46$
- $0.46 * 2 = 0. (92) \quad \mathbf{r=0}, \quad q=0.92$
- $0.92 * 2 = 1. (84) \quad \mathbf{r=1}, \quad q=0.84$
- $0.84 * 2 = 1. (68) \quad \mathbf{r=1}, \quad q=0.68$
- $0.68 * 2 = 1. (36) \quad \mathbf{r=1}, \quad q=0.36$
- и так далее
- $0.73 \approx 0.10111\dots$

r — целая часть; q — дробная часть

Ответ:

58

$$42.73 = 101010.10111\dots$$

Если знаменатель дроби является степенью основания СС

Пример

- Записать в двоичной системе дроби $3/4$, $5/8$, $13/16$:
- $3 = 11_2$, $4 = 100_2 \rightarrow 3/4 = (11/100)_2 = 0.11;$
- $5 = 101_2$, $8 = 1000_2 \rightarrow 5/8 = (101/1000)_2 = 0.101;$
- $13 = 1101_2$, $16 = 10000_2 \rightarrow 13/16 = (1101/10000)_2 = 0.1101$

Для перевода чисел из 2сс в 16сс применяется следующий приём:

- Двоичную запись числа надо разбить на группы цифр по 4 (на тетрады), начиная от разделителя влево и вправо (если число дробное).
- Левую и правую тетрады дополняем, если надо, нулями. Каждую двоичную тетраду нужно заменить на соответствующую цифру в 16сс, используя таблицу.

Пример: из 2сс в 16сс:

111011001.110111 =

1 1101 1001 . 1101 11 =

0001 1101 1001 . 1101 11**00** =

= 1D9. DC

Перевод из 16сс в 2сс:

- каждую цифру числа, записанного в 16сс, нужно заменить на соответствующую двоичную тетраду из таблицы:
- A7C.2F = 1010 0111 1100. 0010 1111;**
- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
| A | 7 | C | 2 | F |
|---|---|---|---|---|

2сс □ 8сс и наоборот:

- 1) Разбиваем двоичную запись на триады; каждую триаду заменяем на 8-ую цифру:
- $11101 = 011\ 101 = 35_8$
- 2) из 8сс в 2сс: $42_8 = 100\ 010$

Числа с фиксированной и плавающей точкой.

- Систему с фиксированной запятой обозначают как $P(b, t, f)$;

где b – основание системы счисления,
 t – количество разрядов для записи числа,

f – количество разрядов для записи дробной части.

Пример: $P(10, 4, 1)$

$\min = -999.9$; $\max = 999.9$

Числа с фиксированной точкой.

- Система $P(b, t, f)$ используется в современных ЭВМ **только для записи целых чисел в двоичной системе**
- **(со знаком и без знака),**
- то есть при $b = 2, f = 0$;
- t может равняться 8, 16, 32

Числа с фиксированной точкой (1).

- целые без знака в системе $P(2, 8, 0)$:
- биты нумеруются справа налево, начиная с нуля:

7 6 5 4 3 2 1 0

1 0 1 0 0 1 1 0 =

$$1 * 2^7 + 0 * 2^6 + 1 * 2^5 + 0 * 2^4 + 0 * 2^3 + 1 * 2^2 + 1 * 2^1 + 0 * 2^0 = \\ = 128 + 32 + 4 + 2 = 166$$

Теорема:

- максимальное целое (без знака), которое можно записать с помощью n бит равно:

$$2^n - 1$$

Доказательство:

$$x = \underbrace{111\dots1}_{\text{раз}}.1$$

$$x + 1 = 1\underbrace{000\dots0}_{\text{раз}}.0 = 2^n$$

$$x = 2^n - 1.$$

Числа с фиксированной точкой (2).

Целые со знаком

- старший бит хранит знак: 0 для «+»; 1 для «-»
- для записи отрицательных чисел используется дополнительный код;
- Правило получения дополнительного кода отрицательного числа $-A$:
 - 1) записываем двоичный код числа $+A$ и дополняем его до нужного числа битов (8, 16, 32);
 - 2) делаем инверсию полученного кода;
 - 3) прибавляем 1 к младшему разряду □
получаем двоичный код отрицательного числа $-A$.

Примеры целых со знаком:

- Записать дополнительный 8 битовый код числа -95.

1) 95 в двоичном коде:

$$95 = 64 + 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 101\ 1111.$$

2) Дополним этот код слева нулём до 8 бит :
0101 1111.

3) Сделаем инверсию: 1010 0000

4) Прибавим 1 к младшему разряду

1010 0001 - это код числа -95

5) Проверим: 0101 1111

1010 0001

1 0000 0000

Примеры (8 битовые)

1) Целые без знака:

$$\begin{array}{r} 0110 \ 1010 \quad (106) \\ + \quad 0100 \ 1001 \quad (73) \\ \hline 1011 \ 0011 \quad (179) \end{array}$$

2) Со знаком (оба +):

$$\begin{array}{r} 0110 \ 1010 \quad (106) \\ 0100 \ 1001 \quad (73) \\ 1011 \ 0011 \quad (-77) \end{array}$$

Ошибка ! (был перенос в зн. бит)

Примеры (8 битовые)

1) Оба отрицательные :

1101 0110 (-42)

1100 0101 (-59)

1 1001 1011 (-101) верно

был **перенос** и переполнение.

2) Разных знаков

0110 1010 (106)

1100 1001 (-55)

1 0011 0011 (51)

Верно! (был **перенос** и перепол.)

Индикаторы переноса и переполнения (признаки правильного результата)

операнды	индикатор переноса (из знак. бита)	индикатор переполнения (пер. в знак. бит)
оба без знака	нет	есть или нет
+ и +		нет
- и -	есть	есть
+ и -	есть	есть

8 –ми битовые со знаком

- Максимальное положительное

$$0111\ 1111 = +127.$$

$$1000\ 0001 = -127.$$

Минимальное отрицательное

$$1000\ 0000 = -128.$$

Диапазон однобайтовых целых со знаком
от -128 до +127.

Всего с помощью 8-ми бит можно представить
256 чисел, т.е. 2^8 .

Целые типы в Turbo Pascal'e

Тип данных	Размер памяти	Количество чисел	Диапазон
Byte	1 байт	$2^8 = 256$	0 ..255
ShortInt	1 байт	$2^8 = 256$	-128 .. 127
Word	2 байта	$2^{16} = 65\,536$	0 .. 65 535
Integer	2 байта	$2^{16} = 65\,536$	-32 768 .. 32 767
LongInt	4 байта	$2^{32} =$	-2 147 483 648 .. 2 147 483 647

Система представления чисел с плавающей точкой $F(b, t, L, U)$..

- Здесь b – основание системы (для ЭВМ $b = 2$)
- t - количество разрядов мантиссы;
- L, U – пределы изменений значений показателей порядка чисел в этой системе.
- Пример:

$$0.31562781 * 10^5 = 31562.781;$$

$$0.4671 * 10^{-15} \quad \text{или} \quad 0.2435 * 10^{12}$$

Числа системы $F(b, t, L, U)$ имеют вид:

$$x = [+,-] \left(\frac{d_1}{b} + \frac{d_2}{b^2} + \frac{d_3}{b^3} + \dots + \frac{d_t}{b^t} \right) * b^k ,$$

или

$$x = [+,-] 0. d_1 d_2 d_3 \dots d_t * b^k .$$

- 1) $1 \leq d_1 < b$ (первая цифра мантиссы не должна равняться нулю);
- 2) $0 \leq d_i < b$, $i = 2, 3, \dots, t$;
- 3) $L \leq k \leq U$.
- 4) Запись нуля в системе $F(b, t, L, U)$: $0.000\dots 0 * b^L$.

Представление вещественных чисел

- Система чисел с плавающей точкой используется для представления дробных чисел в памяти ЭВМ.

Знак мантиссы	Знак порядка	Порядок числа	Мантисса
---------------	--------------	---------------	----------

Пример:

31	30	29	23	22	21	1	0
Знак мантиссы	Порядок числа				Мантисса числа				

1) Мантисса всегда начинается с 1, поэтому число «сдвигают влево», компенсируя это порядком числа:

$$0.110111 \cdot 2^7 = 1.10111 \cdot 2^6$$

2) Диапазон изменения порядка: от -127 до 128; все порядки сдвигают на 127 и хранят как 8-ми битовое положительное число.

пример

ПРИМЕР

ПРИМЕР: Как будет представлено в памяти компьютера число - 0.0625, если для его размещения выделено 32 бита памяти.

Решение: $-0.0625 = -1/16 = -0.0001_2 = -0.1 \cdot 2^{-3} = -1.0 \cdot 2^{-4}$;

Смещённый порядок $= -4 + 127 = 123 = 1111011_2$

1 0111 1011 000 0000 0000 0000 0000 0000

В Д В 0 0

Задача: Запишите число 25 как число с плавающей запятой, используя 32 бита

Вещественные числа \mathbb{R} и дробные в ЭВМ

- Среди чисел \mathbb{R} нет наибольшего;
- Для любых различных чисел x и y имеет место $x < y$ или $y < x$;
- Для любых x, y ($x < y$) из множества \mathbb{R} существует z :

$$x < z < y \quad (\text{всюду плотность})$$

Непрерывность: для любых непустых и непересекающихся множеств A и B таких, что

$$A \cup B = \mathbb{R} \quad \text{и} \quad \forall (x, y) : B \in x \quad y \in \rightarrow < \}$$

$$\exists \text{ или } x < z < y \quad z \in A \quad \in$$

Вещественные типы данных в ТР.

Тип данных	Размер памяти	Разрядн. мантиссы (бит)	Порядок величин
Real	6 байт	40	10^{38}
Single	4 байт	24	10^{38}
Double	8 байт	54	10^{308}
Extended	10 байт	67	10^{4932}

Лекция 7

Электронные таблицы Excel.
Абсолютные и относительные
ссылки.

Основные типы данных:
число, текст, формула.
Диаграммы.

Назначение EXCEL:

Электронные таблицы Excel служат для обработки, хранения, анализа и графического отображения данных.

Excel можно использовать в бухгалтерии, при обработке результатов экспериментов, для ведения учётной документации любого типа

— везде, где данные можно представить в виде прямоугольных таблиц.

Основные понятия EXCEL

- **Рабочая книга** – это документ Excel.
- Она состоит из листов, каждый из которых представляет из себя таблицу, состоящую из столбцов и строк.
- Окно документа отображает один лист - текущий **рабочий лист**.
- Пересечение строки и столбца листа называется **ячейкой**.

Excel

- Количество столбцов листа = 256
- количество строк $65\,536 = 2^{16}$.
- Всего ячеек на одном листе:
- $2^{16+8} = 2^{24}$.
- имена столбцов: A ..Z,
- затем идут AA, AB, ... AZ,
- далее BA, BB, ...BZ,
IA, IB, ... IV

Адрес ячейки; диапазон, содержимое ячейки:

- например, **A16**, или **FA278**;
- к целой группе (диапазону) ячеек:
например, D34:L56, или G15:G37, или F10: Z10.
- Ячейка может содержать **текст, число или формулу**.

Excel (+)

- Формула начинается со знака =
- Если не удаётся интерпретировать содержимое как число, то это текст.
- **зависимые и независимые ячейки**

= (A4+F4)*2 +B5^3- SIN(C4)

ПРИМЕРЫ ФОРМУЛ В EXCEL:

Примеры формул Excel:

- Вычисление определителя:
- Формируем квадратную матрицу;
- Вводим формулу = МОПРЕД(диапазон данных);
- Обратная матрица:
- Формируем квадратную матрицу;
- 1) вводим формулу
- =МОБР(исх. матрица диапазон)
- 2) выделяем мышью диапазон ячеек для обратной матрицы;
- 3) нажать F2;
- 4) нажать CTRL+SHIFT+Enter;

Примеры формул Excel:

- Произведение матриц:
- Формируем 2-е квадратных матрицы;
- 1) вводим формулу
- `=МУМНОЖ(D3:F5;D12:F14)`
- 2) выделяем мышью диапазон ячеек для произведения матриц;
- 3) нажать F2;
- 4) нажать CTRL+SHIFT+Enter;

зависимые и независимые ячейки

- Связь между зависимыми и независимыми ячейками устанавливается с помощью формул.
- Содержимое зависимой ячейки определяется данными, содержащимися в независимых ячейках.
- Если формула в зависимой ячейке Z5 использует адрес какой-либо другой ячейки N4, то говорят , что **Z5 ссылается** на эту ячейку N4.

Абсолютные и относительные ссылки:

- абсолютная ссылка на ячейку содержит знак \$:
\$D\$17 или \$W26 или E\$55.
- Относительная ссылка не содержит в адресе ячейки знака \$: A16 или L23;
- При копировании содержимого зависимой ячейки в другую ячейку абсолютные и относительные ссылки преобразуются по разному:

Абсолютные и относительные ссылки:

- адрес относительной ссылки преобразуется так, что **взаимное расположение** зависимой и независимой ячеек до и после копирования остаётся прежним;
- при копировании формул, содержащих абсолютные ссылки, **не происходит преобразования** той части адреса абсолютной ссылки, которая отмечена знаком \$;
- часть адреса абсолютной ссылки, не отмеченная знаком \$, преобразуется как и в случае относительной ссылки. (примеры)

Графическое отображение данных в Excel:

- **Стандартные диаграммы:**
- Гистограмма
- Линейная
- График - для отображения $y_n = H(t_n)$
- Круговая – “Раі”^e
- Точечная – для построения $y=F(x)$
- Кольцевая
- и др.

4-е шага при построении диаграммы:

- 1. Выбор типа диаграммы.**
- 2. Источник данных диаграммы.**
- 3. Параметры диаграммы.**
- 4. Размещение диаграммы.**

ПРИМЕР:

- Построить график функции $f(x)$ на интервале $[-3; 2]$ с шагом $h=0.1$:

$$f(x) = \begin{cases} -3(1-x)^2 & [-3; -2]; \\ x - 1.5(2-x)^2 + 3, & (-2; 0]; \\ x^2 & (0; 2] \end{cases}$$

Круговая диаграмма

отлично	10
хорошо	30
удовл.	20
неуд.	8