

УДК 004  
ББК 32.97  
Д53  
ISBN 978-5-600-01815-0

**Дмитриев, А. И.** Теоретические основы современных информационных технологий : учебно-метод. пособие / А. И. Дмитриев. — М. : Юридический институт РУТ (МИИТ), 2017. — 70 с.

Настоящее учебно-методическое пособие состоит из двух частей.

Первая часть содержит краткие теоретические сведения по основным разделам классического университетского курса информационных технологий (информатики), а также задания и контрольные вопросы различного уровня сложности для студентов вузов. В учебно-методическом пособии приведены наиболее типичные задачи с указанием способа их решения, охватывающие большинство разделов курса информатики. В начале каждой главы приведены краткие теоретические сведения, затем идет разбор решений нескольких типовых задач, чтобы дать возможность студенту научиться решать самостоятельно как можно больше задач, приведенных в конце каждой главы.

Вторая часть выходит за рамки университетского курса и является факультативной. Здесь описаны возможные принципы работы и элементная база пятого поколения вычислительной техники. Сведения, указанные во второй части, получены при частичной поддержке РФФИ (проект № 16-07-00863) и могут быть использованы для подготовки рефератов.

*Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия для студентов Юридического института РУТ (МИИТ) по дисциплине «Информатика». Отдельные работы могут выполняться в рамках других учебных дисциплин информационного цикла по решению ведущего преподавателя, согласованному с заведующим кафедрой «Информационно-математические технологии и информационное право» Юридического института РУТ (МИИТ).*

© Юридический институт РУТ (МИИТ), 2017  
© Дмитриев А. И., 2017

---

Изд. заказ 18  
Усл.-печ. л. 4,7

Подписано в печать 11.09.2017  
Уч.-изд. л. 3,5

Тираж 50 экз.  
Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>8</sub>

---

127994, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9.

## Содержание

---

<b>Часть I. Классические информационные технологии</b> .....	4
Глава 1. Меры и единицы количества и объема информации.....	4
Глава 2. Кодирование данных в ЭВМ .....	9
Глава 3. Хранение данных в ЭВМ.....	16
Глава 4. Позиционные системы счисления .....	23
Глава 5. Алгебра логики .....	28
Глава 6. Файловая структура операционной системы.....	33
Глава 7. Базы данных .....	39
Глава 8. Моделирование .....	46
Глава 9. Алгоритмизация.....	52
<b>Часть II. На пороге пятого поколения вычислительной техники</b> .....	59
Глава 10. Кодирование данных в ЭВМ. Кодирование информации с помощью магнитных спинов.....	59
Глава 11. Хранение данных в ЭВМ. Спинтронные запоминающие устройства .....	62
Глава 12. Алгебра логики. Спинтронные логические схемы .....	68

# Часть I. Классические информационные технологии

## Глава 1. Меры и единицы количества и объема информации

---

Для измерения информации вводятся две величины: количество информации  $I$  и объем данных  $V$ . Эти величины имеют разные выражения и интерпретацию в зависимости от рассматриваемой формы адекватности. Под **адекватностью** понимается степень соответствия информации, полученной потребителем, тому, что автор вложил в ее содержание (т.е. в данные). Каждой форме адекватности соответствует своя мера количества информации и объема данных. Адекватность является одним из показателей качества информации. Выделяют три формы адекватности:

- **прагматическая адекватность** информации — отражает отношение информации и ее потребителя, соответствие информации цели управления, которая на ее основе реализуется. Прагматический аспект связан с ценностью, полезностью использования информации при выработке потребителем решения для достижения своей цели. С этой точки зрения анализируются потребительские свойства информации. Эта форма адекватности непосредственно связана с практическим использованием информации, с соответствием ее целевой функции деятельности системы;

- **семантическая адекватность** информации — определяет степень соответствия образа объекта и самого объекта. Семантический аспект предполагает учет смыслового содержания информации. На этом уровне анализируются те сведения, которые отражает информация, рассматриваются смысловые связи между кодами представления информации. Эта форма служит для формирования понятий и представлений, выявления смысла, содержания информации и ее обобщения;

- **синтаксическая адекватность** информации — отображает формально-структурные характеристики информации и не затрагивает ее смыслового содержания. На синтаксическом уровне учитываются тип носителя и способ представления информации, скорость передачи и обработки, размеры кодов представления информации, надежность и точность преобразования этих кодов и т.п. Информацию, рассматриваемую только с синтаксических позиций, обычно называют данными, так как при этом не имеет значения смысловая сторона.

В соответствии с тремя формами адекватности информации выделяют три меры информации:

- **прагматическая мера информации** — определяет полезность (ценность) информации для достижения пользователем поставленной цели. Эта мера есть величина относительная, обусловленная особенностями использования этой информации в той или иной системе. Ценность информации целесообразно из-

мерять в тех же единицах (или близких к ним), в которых измеряется целевая функция;

- **семантическая мера информации** — служит для измерения смыслового содержания информации (ее количества на семантическом уровне), используется тезаурусная мера, которая связывает семантические свойства информации со способностью пользователя принимать поступившее сообщение;

- **синтаксическая мера информации.** К определению синтаксической меры информации существует два подхода: объемный и вероятностный.

**Объемный подход. Объем информации,** записанной двоичными знаками в памяти компьютера или на внешнем носителе информации, подсчитывается просто по количеству требуемых для такой записи двоичных символов. При этом невозможно нецелое число битов (в отличие от вероятностного подхода). В компьютерах отдают предпочтение двоичной системе счисления потому, что в техническом устройстве наиболее просто реализовать два противоположных физических состояния: некоторый физический элемент, имеющий два различных состояния.



Рис. 1.1. Примеры бистабильных систем, пригодных для побитового хранения данных: лампа (горит-не горит), выключатель (включено-выключено), конденсатор (заряжено-разряжено) и т.д.

Один разряд двоичного числа соответствует 1 биту. Также используется более крупная единица измерения объема информации — 1 байт = 8 битам. Для записи объема информации используются десятичные приставки:

1024 байта = 1 килобайт (кбайт)

1024 килобайта = мегабайт (Мбайт)

1024 мегабайта = гигабайт (Гбайт)

1024 гигабайт = терабайт (Тбайт)

**Вероятностный подход.** Рассмотрим бросание правильной игральной кости, имеющей  $N$  граней (наиболее распространенным является случай шестигранной кости  $N = 6$ ). Результат опыта — выпадение грани с одним из знаков: 1, 2, 3, 4, 5, 6, ...  $N$ . Введем в рассмотрение численную величину, измеряющую неопределенность — **энтропию  $H$** . Под **количеством информации  $I$**  будем понимать разность:  $I = H_1 - H_2$ , где  $H_1$  — неопределенность до опыта (бросания кубика),  $H_2$  — неопределенность после опыта (часто, когда получен конкретный результат,  $H_2 = 0$ ). Величины  $N$  и  $H$  связаны между собой функциональной зависимостью  $H = f(N)$ , задаваемой формулой Хартли:  $I = H = \log_2 N$ . За единицу измерения количества информации принимается количество информации, свя-

занное с проведением опыта, состоящего в получении одного из двух равновероятных исходов. Такая единица количества информации называется **бит**. Когда вероятности различных исходов опыта не равновероятны, используется формула Шеннона:  $I = H = \sum_{i=1}^N p_i \cdot \log_2 \left( \frac{1}{p_i} \right)$ , здесь  $p_i$  — вероятность  $i$ -ого исхода. Например, требуется определить количество информации, связанное с появлением каждого символа в сообщениях, записанных на русском языке. Считаем, что русский алфавит состоит из 33 букв и знака «пробел» для разделения слов. По формуле Хартли получаем  $I = \log_2 34 \approx 5,09$  бит. В то время как с учетом того, что в словах различные буквы встречаются неодинаково часто, по формуле Шеннона получаем  $I \approx 4,72$  бит. Полученное значение  $I$  меньше вычисленного по формуле Хартли. Величина, вычисляемая по формуле Хартли, является максимальным количеством информации  $I_{max}$ , которое могло бы приходиться на один знак.

**Избыточность источника (алфавита)**  $R$  показывает, насколько хорошо используются буквы в данном источнике:  $R = (I_{max} - I) / I_{max}$ . Чем меньше  $R$ , тем большее количество информации вырабатывается источником на одну букву. С повышением избыточности повышается помехоустойчивость (надежность) источника. Избыточность некоторых языков достигает десятков процентов. Если бы все буквы имели одинаковую вероятность использования и можно было бы использовать любые комбинации букв, то среднюю длину слова можно было бы значительно уменьшить. Однако разбираться в этой записи было бы значительно труднее, особенно при наличии ошибок.

Количество семантической информации  $I$  в сообщении (количество новых знаний, получаемых пользователем) является величиной относительной. Одно и то же сообщение может иметь смысловое содержание для компетентного пользователя и быть бессмысленным (семантический шум) для пользователя некомпетентного. Относительной мерой количества семантической информации  $I$  может служить **коэффициент содержательности (информативности)**  $C$ , который определяется как отношение количества семантической информации к объему данных:  $C = I/V$ , причем  $0 < C < 1$ . С увеличением  $C$  уменьшаются объемы работы по преобразованию информации (данных) в системе. Поэтому стремятся к повышению информативности, для чего разрабатываются специальные методы оптимального кодирования информации.

## Примеры решения задач

**1.** Бросили шестигранный игральный кубик. Какое количество информации содержит сообщение о том, какое число выпало на кубике?

*Решение.* Применим формулу Хартли для расчета количества информации  $I = \log_2 N$ , где  $N$  — количество равновероятных событий,  $I$  — искомое количество информации (в битах). По условию задачи кубик шестигранный, следовательно, количество равновероятных событий выпадения любого числа от 1 до 6 равно  $N = 6$ . Значит количество информации  $I = \log_2 6 \approx 2,59$  бит.

2. В велокроссе участвуют 119 спортсменов. Специальное устройство регистрирует прохождение каждым из участников промежуточного финиша, записывая его номер с использованием минимально возможного количества бит, одинакового для каждого спортсмена. Каков информационный объем сообщения, записанного устройством, после того как промежуточный финиш прошли 70 велосипедистов?

*Решение.* Минимально возможное количество бит для кодирования 119 номеров определяется как  $\log_2 N$ , где  $N$  — число спортсменов. По формуле Хартли получаем  $\log_2 119 \approx 6,90$  бит. Берем ближайшее большее целое значение, т.е. 7 бит (может быть использовано для кодирования 128 номеров). Информационный объем сообщения равен  $7 \times 70 = 490$  бит.

3. Дано выражение «МАМА МЫЛА РАМУ», записанное в кодировке ASCII (8 бит на один символ). Определить количество и объем информации, а также коэффициент информативности.

*Решение.* По формуле Шеннона  $I \approx 4,72$  бит на 1 символ, значит всего на 14 символов  $I \approx 66,08$  бит. В кодировке ASCII объем информации  $V$  составляет 8 бит/символ, значит на 14 символов 112 бит. Коэффициент информативности  $C = I/V \approx 66,08/112 \approx 0,59$ .

### Контрольные вопросы и задачи

1. Какие существуют подходы к определению объема и количества информации?
2. Как называется один из аспектов характеристики информации с точки зрения ее смысла?
3. Что такое «бит в объемном и вероятностном подходе»?
4. Что такое «байт»?
5. Перечислите кратные приставки перед названием единиц измерения объема информации, применяемые для формирования кратных единиц, являющихся степенью числа 2.
6. Запишите формулу Хартли. В каких случаях она применяется?
7. Запишите формулу Шеннона. В каких случаях она применяется?
8. Что такое «избыточность информации»? С чем она связана? Как определяется?
9. Как определяется коэффициент информативности?
10. Сколько гигабайт информации содержит сообщение объемом  $2^{33}$  бит?
11. «Вы выходите на следующей остановке?» — спросили человека в автобусе. «Нет», — ответил он. Сколько информации содержит ответ?
12. Необходимо узнать, на каком из 16 путей находится вагон. Чтобы выяснить это, чему должно быть равно минимальное число вопросов, подразумевающих ответ «Да» или «Нет»?

13. Имеется колода из 36 игральных карт. Загадавший карту на все вопросы отвечает только «Да» или «Нет». Какое минимальное количество вопросов нужно задать, чтобы гарантированно угадать задуманную карту?

14. Определить максимальное количество страниц книги (32 строки по 64 символа, 1 символ занимает 8 бит), которое помещается в файле объемом 640 Кбайт.

15. В ответ на посланное SMS-сообщение: «Ты идешь на тренировку?» приходит лаконичное SMS-сообщение: «Да!». Какое количество информации несет в себе ответное сообщение согласно теории информации?

16. Сколько Кбайт текста можно прочитать за 4 часа непрерывного чтения, если средняя скорость чтения составляет 160 слов в минуту (одно слово — в среднем 6 символов)? (Принять однобайтный код символов).

17. В зрительном зале две прямоугольные области зрительских кресел: одна — 6 на 12, а другая — 8 на 4. Чему равно минимальное количество бит, которое потребуется для кодирования каждого места в автоматизированной системе?

18. В школьной библиотеке 16 стеллажей с книгами. На каждом стеллаже 8 полок. Библиотекарь сообщил Пете, что нужная ему книга находится на пятом стеллаже на третьей сверху полке. Какое количество информации библиотекарь передал Пете?

19. За семестр студент получил 100 оценок. Сообщение о том, что он получил пятерку, несет 2 бита информации. Сколько пятерок студент получил за четверть?

20. В корзине лежат 32 клубка шерсти. Среди них — 4 красных. Сколько информации несет сообщение о том, что достали клубок красной шерсти?

21. В корзине лежат красные и зеленые шары. Среди них 15 красных шаров. Сообщение о том, что из корзины достали зеленый шар, несет 2 бита информации. Сколько всего в корзине шаров?

22. В озере обитает 12 500 окуней, 25 000 пескарей, а карасей и щук по 6250. Сколько информации мы получим, когда поймем какую-нибудь рыбу?

23. Сообщение, записанное буквами из 64-символьного алфавита, содержит 20 символов. Какой объем информации оно несет?

24. Информационное сообщение объемом 1,5 Кбайта содержит 3072 символа. Сколько символов содержит алфавит, при помощи которого было записано это сообщение?

25. Для записи текста использовался 256-символьный алфавит. Каждая страница содержит 30 строк по 70 символов в строке. Какой объем информации содержат 5 страниц текста?

26. В алфавите некоторого языка всего две буквы: «А» и «Б». Все слова, записанные на этом языке, состоят из 11 букв. Какой максимальный словарный запас может быть у этого языка?

27. Словарный запас некоторого языка составляет 256 слов, каждое из которых состоит точно из 4 букв. Сколько букв в алфавите языка?

## Глава 2. Кодирование данных в ЭВМ

---

В ЭВМ применяется двоичная система счисления, т.е. все числа в компьютере представляются с помощью нулей и единиц, поэтому компьютер может обрабатывать только информацию, представленную в цифровой форме. Для преобразования различных форм представления информации в цифровую форму необходимо применить кодирование.

**Кодирование** — представление данных одного типа через данные другого типа. Суть кодирования заключается в том, что каждому символу ставят в соответствие специальный код. Код — правило сопоставления каждому конкретному сообщению строго определенной комбинации символов (знаков).

Выделяют три основных формы представления информации.

- **Текстовая.** Кодирование текстовой информации — процесс преобразования сигнала из формы, удобной для непосредственного использования информации, в форму, удобную для передачи, хранения или автоматической переработки. В данной форме кодирования каждому символу ставят в соответствие двоичный код. **Двоичный код** — это способ представления данных в одном разряде в виде комбинации двух знаков, обычно обозначаемых цифрами 0 и 1. Существуют следующие системы байтового кодирования: ASCII, КОИ-8 (код обмена информации), ISO (International Standard Organization), ГОСТ-альтернативная, ANSI (American National Standards Institute), Windows 1251 (CP1251).

- **Звуковая.** Звук — физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твердой, жидкой или газообразной среде. В узком смысле звук — это упругая продольная волна в воздушной среде. Звуковые волны — распространяющийся в пространстве колебательный процесс. Всякое колебание связано с нарушением равновесного состояния системы и выражается в отклонении ее характеристик от равновесных значений с последующим возвращением к исходному значению. Для звуковых колебаний такой характеристикой является давление в точке среды, а ее отклонение — звуковым давлением. Процесс обработки звукового сигнала проходит в четыре этапа. При поступлении упругая волна в воздушной среде переходит в токовый аналог звука, затем происходит дискретизация двоичного кода, а на последнем этапе непосредственно обрабатывается код. Данный процесс представлен на рис. 2.1. Звуковой сигнал бывает двух видов: **цифровой** — ломаный отрезок, который имеет «ступеньки» различной высоты (рис. 2.2); **аналоговый** — непрерывная плавная линия с различной амплитудой колебаний и частотой (рис. 2.3). Цифровой сигнал получается из аналогового в результате двух процессов — дискретизации и квантования.

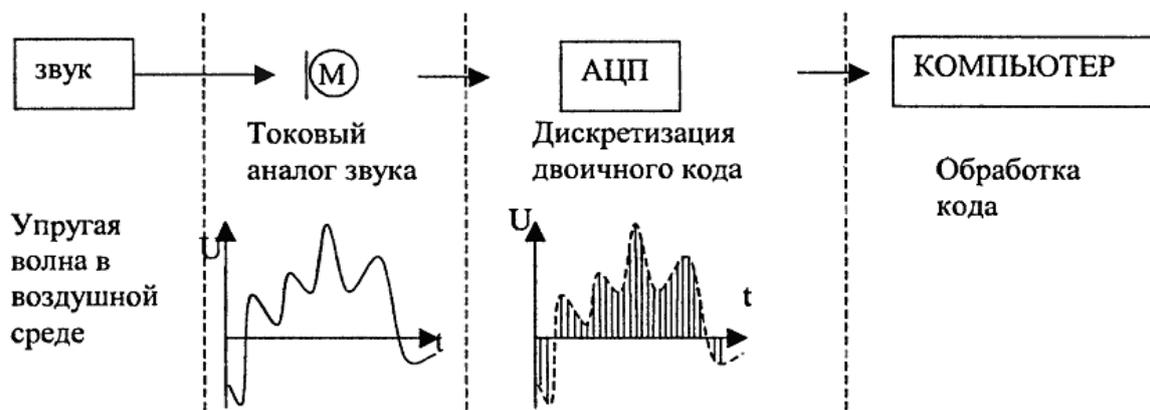


Рис. 2.1. Схема обработки звукового сигнала

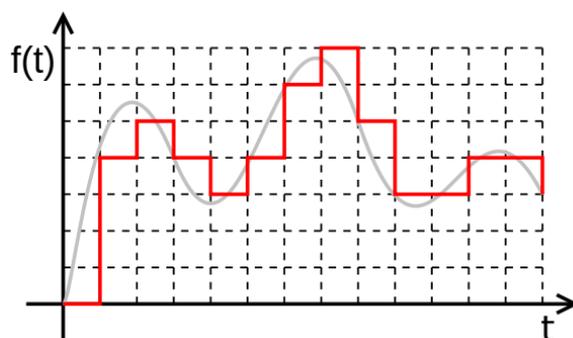


Рис. 2.2. Цифровой сигнал



Рис. 2.3. Аналоговый сигнал

**Дискретизация** аналогового сигнала состоит в том, что сигнал представляется в виде последовательности значений, взятых в дискретные моменты времени  $t_i$  (где  $i$  — индекс). Обычно промежутки времени между последовательными отсчетами ( $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ ) постоянны; в таком случае,  $\Delta t$  называется интервалом дискретизации. Величина, обратная  $\Delta t$ , называется частотой дискретизации. Сами же значения сигнала  $x(t)$  в моменты измерения, т.е.  $x_i = x(t_i)$ , называются отсчетами. Для того чтобы представить аналоговый сигнал последовательностью чисел конечной разрядности, его следует сначала превратить в дискретный сигнал, а затем подвергнуть квантованию.

При **квантовании** вся область значений сигнала разбивается на уровни, количество которых должно быть представлено в числах заданной разрядности. Расстояния между этими уровнями называется шагом квантования  $\Delta$ . Число этих уровней равно  $N$  (от 0 до  $N-1$ ). Каждому уровню присваивается некоторое число. Отсчеты сигнала сравниваются с уровнями квантования, и в качестве сигнала выбирается число, соответствующее некоторому уровню квантования.

Каждый уровень квантования кодируется двоичным числом с  $n$  разрядами. Число уровней квантования  $N$  и число разрядов  $n$  двоичных чисел, кодирующих эти уровни, связаны соотношением  $n = \log_2 N$ .

- **Графическая.** Данная форма представления информации включает в себя *растровый* и *векторный* методы кодирования. При первом методе графические объекты формируются в виде множества точек (пикселей) разных цветов и разных яркостей, распределенных по строкам и столбцам. В основе растровой графики лежит элементарное мельчайшее изображение — *пиксель*. А весь массив элементарных единиц изображения, образующих характерный узор, формирует растр. Разрешающая способность (разрешение) — количество точек (пикселей в строке), а также число строк. Минимально допустимым считается разрешение  $800 \times 600$ , т.е. 800 точек на строку и 600 строчек на экран. В большинстве цветовых моделей для описания цвета используется трехмерная система координат.

**Аддитивная цветовая модель RGB** — это одна из наиболее распространенных и часто используемых моделей. Она применяется в приборах, излучающих свет, таких, например, как мониторы, проекторы, фильтры и другие подобные устройства. Данная цветовая модель базируется на трех основных цветах: Red — красном, Green — зеленом и Blue — синем. В модели RGB любой цвет получается в результате сложения основных цветов (рис. 2.4).

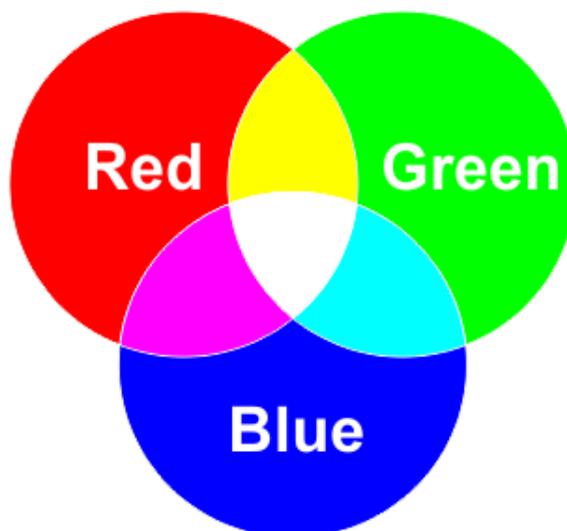


Рис. 2.4. Цветовая модель RGB, основанная на трех цветах: Red (красный), Green (зеленый) и Blue (синий)

Во второй модели, имеющей название CMYK (*субтрактивная*), основные цвета образуются путем вычитания из белого цветов основных аддитивных цветов модели RGB. Основные цвета данной модели — голубой (Cyan = Blue + Green), дополняющий красный, пурпурный (фиолетовый) (Magenta = Red + Blue), дополняющий зеленый, желтый (Yellow = Red + Green), дополняющий синий, и К — черный (Black) (рис. 2.5). Существенную трудность в полиграфии представляет черный цвет. Теоретически его можно получить совмещением трех основных или дополнительных красок, но на практике результат оказыва-

ется неудовлетворительным. Поэтому в цветовую модель СМУК добавлен четвертый компонент — черный. Модель СМУК используется в полиграфии.



*Рис. 2.5. Цветовая модель СМУК, основанная на четырех цветах: голубой (Cyan = Blue + Green), пурпурный (фиолетовый) (Magenta = Red + Blue), желтый (Yellow = Red + Green) и К — черный (Black)*

При векторном методе кодирования графические объекты создаются как совокупности линий, векторов, точек. Базовым элементом изображения является линия. Как и любой объект, она обладает свойствами: формой (прямая, кривая), толщиной, цветом, начертанием (пунктирная, сплошная). Замкнутые линии имеют свойство заполнения (или другими объектами, или выбранным цветом). Все прочие объекты векторной графики состояются из линий. Так как линия описывается математически как единый объект, то и объем данных для отображения объекта средствами векторной графики значительно меньше, чем в растровой графике. Информация о векторном изображении кодируется как обычная буквенно-цифровая и обрабатывается специальными программами.

Различают несколько режимов представления цветной графики:

— полноцветный (True Color). При полноцветном режиме для кодирования используется режим представления цветной графики двоичным кодом из 24 разрядов на каждый пиксель (по одному байту на каждый из трех цветов). Полноцветный режим:  $2^{24} = 16\,776\,216$  цветов;

— High Color — режим представления цветной графики двоичным кодом из 16 разрядов на каждый пиксель:  $2^{16} = 65\,536$  цветов;

— индексный режим, при котором для кодирования одной точки раstra использует только один байт. В нем различаются  $2^8 = 256$  цветов. Соответствие между количеством отображаемых цветов  $N$  и количеством бит для их кодировки  $n$  находится по формуле:  $N = 2^n$ .

## Примеры решения задач

1. Автоматическое устройство осуществило перекодировку информационного сообщения на русском языке, первоначально записанного в 16-битном коде Unicode, в 8-битную кодировку КОИ-8. При этом информационное сообщение уменьшилось на 480 бит. Какова длина сообщения в символах?

*Решение.* В кодировке Unicode каждый символ занимает 2 байта, т.е. 16 бит. В кодировке КОИ-8 — 8 бит. То есть разница составляет 8 бит на каждый символ. Объем уменьшился на 480. Значит, сообщение содержит  $480/8 = 60$  символов.

2. В формате лазерного аудиодиска высокое качество воспроизведения достигается при следующих параметрах оцифровки: частота дискретизации 44,1 кГц, квантование — 16 бит (число уровней  $2^{16} = 65\,536$ ). Какой объем дисковой памяти займет 1 секунда стереозвука (2 канала)?

*Решение.*  $2 \text{ канала} \times 1 \text{ секунда} \times 16 \text{ бит} \times 44\,100 \text{ секунд}^{-1} = 1\,411\,200 \text{ бит} = 176\,400 \text{ байт} \approx 172 \text{ Килобайт}$ .

3. Скромный по современным меркам экран монитора имеет разрешение  $800 \times 600$  точек. Какой объем в мегабайтах займет изображение, представленное в режиме True Color?

*Решение.* Число пикселей  $800 \times 600 = 480\,000$ . В режиме True Color на каждый символ приходится 24 бита. Значит, объем графического файла с изображением будет составлять  $480\,000 \times 24 = 11\,520\,000 \text{ бит} = 1\,440\,000 \text{ байт} \approx 1\,406 \text{ Килобайт} \approx 1,4 \text{ Мегабайт}$ .

## Контрольные вопросы и задачи

1. Сколько целых неотрицательных чисел можно представить с помощью восьмиразрядного двоичного кодирования?

2. Какого количества двоичных разрядов достаточно для кодирования 20 различных состояний?

3. Какое максимальное целое неотрицательное число можно представить с помощью одного байта при двоичном кодировании?

4. Файл размером 2000 Кбайт передается через некоторое соединение в течение 30 секунд. Определите размер файла (в Кбайт), который можно передать через это соединение за 12 секунд. В ответе укажите размер файла в Кбайт.

5. Имеется сообщение объемом  $2^{23}$  бит. Чему равен объем этого сообщения в мегабайтах?

6. В марафоне участвуют 12 спортсменов. Специальное устройство регистрирует прохождение финиша, записывая его номер с использованием минимально возможного количества бит, одинакового для каждого бегуна. Каков информационный объем сообщения, записанного устройством, после того как финиш пересекли 8 спортсменов?

7. Скорость передачи данных через модемное подключение равна 56 кбит/сек. Передача файла по времени заняла 3 минуты. Определите размер файла в мегабайтах.

8. Каково количество информации в слове «Информатика» при условии, что используется 32-значный алфавит?

9. Сколько существует различных последовательностей из символов «А» и «В» длиной ровно в пять символов.

10. Скорость передачи данных через ADSL-соединение равна 256 000 бит/сек. Передача файла через это соединение по времени заняла 2 минуты. Определите размер файла в килобайтах.

11. Сколько секунд потребуется модему, передающему сообщения со скоростью 28 800 бит/с, для передачи 100 страниц текста в 30 строк по 60 символов каждая в кодировке ASCII?

12. Сколько символов содержит сообщение, если при перекодировке сообщения из кода Unicode в код ASCII объем сообщения изменился на 1/512 Мб.

13. Сколько минут понадобится для передачи со скоростью 15 кбит/с 100 страниц текста в 30 строк по 60 символов каждая в кодировке ASCII?

14. Текстовый документ, состоящий из 3072 символов, хранился в 8-битной кодировке КОИ-8. Этот документ был преобразован в 16-битную кодировку Unicode. Укажите, какое дополнительное количество Кбайт потребуется для хранения документа.

15. Реферат учащегося имеет объем 110 Кбайт. Каждая его страница содержит 40 строк по 64 символа. При этом в кодировке один символ кодируется 16 битами. Сколько страниц в реферате?

16. Растровый графический файл содержит черно-белое изображение с 2 градациями цвета (черный и белый) размером 800×600 точек. Определите необходимый для кодирования цвета точек (без учета служебной информации о формате, авторстве, способах сжатия и пр.) размер этого файла на диске в байтах.

17. Чему должен быть равен минимальный объем видеопамати сотового телефона, если количество цветов, воспроизводимых на его экране, равно 1024, а разрешение экрана 128×64.

18. С помощью цифрового фотоаппарата получено изображение с разрешением 3456×2592 и глубиной цвета 3 байта/пиксель. Для просмотра используется монитор с установленными параметрами разрешения 1280×1024 и цветопередачей 16 битов. Во сколько раз уменьшится информационный объем изображения при его отображении на этом мониторе?

19. Какой объем дисковой памяти в мегабайтах займут 5 минут стереозвук при параметрах оцифровки: частота дискретизации 22 кГц, квантование — 8 бит?

20. Какой объем дисковой памяти в битах займут 2 секунды монозвук при параметрах оцифровки: частота дискретизации 4 кГц и количество уровней квантования 128?

21. В современных мультимедийных технологиях частота дискретизации достигает 192 кГц. Какой объем дисковой памяти займет при этом 2 секунды звуковой записи, если квантование составляло 24 бит?

22. Для телефонных разговоров удовлетворительное качество получается при частоте дискретизации 8 кГц и частоте квантования 256 уровней. Какой объем дисковой памяти займет при этом 1 секунда звуковой записи на диске?

23. Объем видеопамати — 2 Мбайта, разрешающая способность дисплея равна  $800 \times 600$ . Сколько оттенков серого цвета можно получить на экране при условии, что видеопамать делится на две страницы?

24. Во сколько раз увеличится информационный объем страницы текста при его преобразовании из кодировки Windows 1251 (таблица кодировки содержит 256 символов) в кодировку Unicode (таблица кодировки содержит 65 536 символов)?

25. Объем видеопамати равен 1 Мбайт. Разрешающая способность дисплея —  $800 \times 600$ . Какое максимальное количество цветов можно использовать при условии, что видеопамать делится на две страницы?

26. Битовая глубина равна 32, видеопамать делится на две страницы, разрешающая способность дисплея —  $800 \times 600$ . Вычислить объем видеопамати.

27. Видеопамать имеет объем, в котором может храниться 4-цветное изображение размером  $640 \times 480$ . Какого размера изображение можно хранить в том же объеме видеопамати, если использовать 256-цветную палитру?

28. На экране монитора необходимо получить 1024 оттенка серого цвета. Какой должна быть глубина цвета?

29. Объем видеопамати равен 2,5 Мбайта, глубина цвета — 16, разрешающая способность экрана монитора —  $640 \times 480$  точек. Каково максимальное количество страниц, которое можно использовать при этих условия?

30. Видеопамать имеет объем, в котором может храниться 8-цветное изображение размером  $640 \times 350$  точек. Какого размера изображение можно хранить в том же объеме видеопамати, если использовать 512-цветную палитру?

31. После преобразования графического изображения количество цветов увеличилось с 256 до 65 536. Во сколько раз увеличился объем занимаемой памяти?

32. Каков объем текста, записанного на языке, алфавит которого содержит 128 символов и 2000 символов в сообщении?

33. В алфавите некоторого языка всего 2 буквы, каждое слово в языке состоит точно из 7 букв. Какой максимальный запас слов в языке?

34. Какой объем видеопамати необходим для хранения четырех страниц изображения при условии, что разрешающая способность дисплея равна  $640 \times 480$  точек, а используемых цветов — 32?

35. 265-цветный рисунок содержит 1 Кбайт информации. Из скольких точек он состоит?

36. После преобразования графического изображения количество цветов уменьшилось с 256 до 32. Во сколько раз уменьшился объем занимаемой памяти?

## Глава 3. Хранение данных в ЭВМ

---

Запоминающее устройство (память) компьютера предназначено для хранения данных и программ. Память компьютера дискретна, она состоит из отдельных ячеек. Накопители имеют разные характеристики: максимально возможный объем хранимой информации, время доступа. Доступ к регистрам процессора занимает несколько наносекунд, к оперативной памяти — несколько десятков наносекунд, к жесткому диску — по крайней мере, 10 микросекунд. Регистры могут содержать 128 байтов, кэш-память — несколько мегабайтов, оперативная память — несколько гигабайтов, магнитные диски — нескольких терабайтов. Память компьютера имеет многоуровневый характер. Память компьютера по способу организации и использования можно разделить на внутреннюю и внешнюю память.

Внутренняя память компьютера включает в себя постоянную память, оперативную память, кэш-память и микропроцессорную память.

Постоянная память (постоянное запоминающее устройство или Read Only Memory — ROM) используется для хранения неизменяемой информации: загрузочные программы операционной системы, программы тестирования устройств компьютера и некоторых драйверов базовой системы ввода-вывода (BIOS — Basic Input-Output System) и др. (рис. 3.1). Из постоянного запоминающего устройства можно только считывать информацию.



Рис. 3.1. Внешний вид постоянного запоминающего устройства

**Оперативная память** (оперативное запоминающее устройство или Random Access Memory — RAM) — энергозависимое, быстродействующее запоминающее устройство, предназначенное для хранения информации (программ и данных), непосредственно участвующей в вычислительном процессе на текущем этапе функционирования компьютера (рис. 3.2). Содержащиеся в оперативной памяти данные доступны только тогда, когда на модули памяти подается напряжение, т.е. компьютер включен. Пропадание на модулях памяти пита-

ния, даже кратковременное, приводит к искажению либо полному пропаданию содержимого оперативного запоминающего устройства.

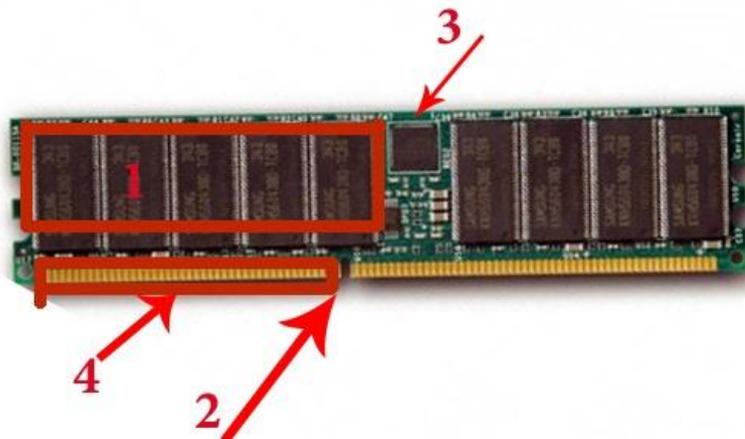


Рис. 3.2. Внешний вид оперативного запоминающего устройства:

- 1 — ячейки памяти; 2 — так называемый «замок» платы в виде прореза (установка производится в соответствии этого замка выступу в слоте под память);  
3 — микросхема SPD; 4 — контакты планки

Оперативная память бывает двух видов — динамическая, статическая. В **памяти динамического типа** (DRAM — Dynamic Random Access Memory) для хранения разряда используется схема из одного конденсатора и одного транзистора. К преимуществам относятся: а) дешевизна (один конденсатор и один транзистор дешевле нескольких транзисторов); б) компактность (там, где размещается один триггер, т.е. один бит, можно уместить восемь конденсаторов и транзисторов). К недостаткам можно отнести следующие факторы: а) медленность (для того чтобы установить в единицу один разряд — бит памяти на основе конденсатора, его нужно зарядить, а для того чтобы разряд установить в ноль — разрядить); б) конденсаторы склонны к «стеканию» заряда. Чтобы не потерять содержимое памяти, заряд конденсаторов для восстановления необходимо «регенерировать», для чего периодически приостанавливаются все операции с памятью, а это снижает производительность.

**Память статического типа** (SRAM — Static Random Access Memory) — это оперативное запоминающее устройство, которое не надо регенерировать (схемотехнически собранное на триггерах). К преимуществам относятся: скорость (переключение состояния триггера происходит в десять раз быстрее зарядка конденсатора). К недостаткам можно отнести следующие факторы: а) группа транзисторов, входящих в состав триггера, обходится дороже, даже если они вытравляются миллионами на одной кремниевой подложке; б) группа транзисторов занимает гораздо больше места, поскольку между транзисторами, которые образуют триггер, должны быть вытравлены линии связи. Данный вид памяти используется для организации кэш-памяти, критичной к скорости работы.

**Кэш-память** — высокоскоростная память сравнительно большой емкости, которая является буфером между оперативной памятью и микропроцессором, и

позволяющая увеличить скорость выполнения операций (рис 3.3). В кэш-памяти хранятся данные, которые микропроцессор получил и будет использовать в ближайшие такты своей работы. Микропроцессоры, начиная от МП 80486, имеют свою встроенную кэш-память (или кэш-память первого уровня). Кэш-память второго уровня размещается на материнской плате вне микропроцессора и хранит данные и результаты, обрабатываемые процессором в текущий момент времени.

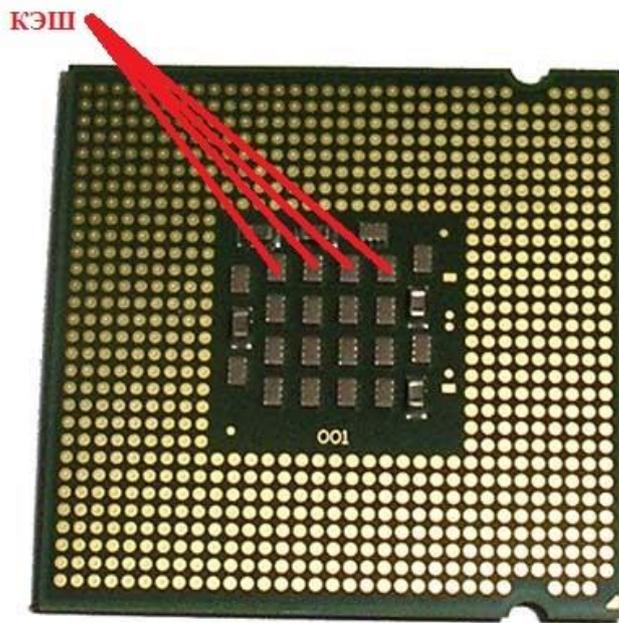


Рис 3.3. Кэш-память на процессоре

**Микропроцессорная память** — память небольшой емкости, но чрезвычайно высокого быстродействия (время обращения к микропроцессорной памяти, т.е. время, необходимое на поиск, запись или считывание информации из этой памяти, измеряется наносекундами — тысячными долями микросекунды). Она предназначена для кратковременного хранения, записи и выдачи информации, участвующей в вычислениях непосредственно в ближайшие такты работы машины. Микропроцессорная память используется для обеспечения высокого быстродействия компьютера. Микропроцессорная память состоит из быстродействующих регистров. Количество и разрядность регистров в разных микропроцессорах различна. Регистры микропроцессора делятся на регистры общего назначения и специальные. Специальные регистры применяются для хранения различных адресов (адреса команды, например), признаков результатов выполнения операций и режимов работы компьютера (регистр флагов, например) и др. Регистры общего назначения являются универсальными и могут использоваться для хранения любой информации, но некоторые из них тоже должны быть обязательно задействованы при выполнении ряда процедур.

Внешняя память компьютера включает в себя накопители на магнитных дисках (жесткий диск) или лентах (стример), флэш-память, оптическую память. Внешняя память предназначена для долговременного хранения информации.

Накопители на магнитных лентах называются стримерами (рис. 3.4). В современных стримерах используются специальные кассеты (картриджи) с магнитной лентой. Стримеры имеют разные стандарты, определяющие интерфейс с компьютером, формат магнитной ленты, методы кодирования и сжатия.



Рис. 3.4. Стример

**Флэш-память** — разновидность полупроводниковой технологии электрически перепрограммируемой памяти (EEPROM). Изобрел инженер компании Toshiba Ф. Масуока в 1984 г. Название «флеш» было придумано, потому что процесс стирания содержимого памяти напоминал фотовспышку (flash). В 1988 г. Intel выпустила первый коммерческий флэш-чип. Элементарная ячейка хранения данных флэш-памяти представляет собой транзистор с плавающим затвором (рис. 3.5).

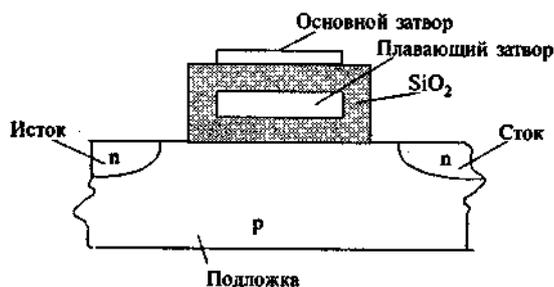


Рис. 3.5. Схематическое представление транзистора с плавающим затвором

Особенность такого транзистора в том, что он умеет удерживать электроны (заряд). Изменение заряда (запись/стирание) выполняется приложением между затвором и истоком большого электрического потенциала, чтобы напряженность электрического поля в тонком диэлектрике между каналом транзистора и карманом оказалась достаточна для возникновения туннельного эффекта. Для усиления эффекта туннелирования электронов в карман при записи применяется небольшое ускорение электронов путем пропускания тока через канал полевого транзистора. Чтение выполняется полевым транзистором, для которого карман выполняет роль затвора. Потенциал плавающего затвора изменяет пороговые характеристики транзистора, что и регистрируется цепями чтения. Эта конструкция снабжается элементами, которые позволяют ей работать в большом массиве таких же ячеек. Транзистор с плавающим затвором — это элементарная ячейка флэш-памяти.

**Оптическая память** изобретена ранее флэш-памяти — в 1980 г. корпорациями Philips и Sony (рис. 3.6). В 1985 г. на рынке появился CD-ROM (CD —

Compact Disc). Первый компакт-диск мог держать 74 минут музыки, что соответствует емкости 650 Мб. Со временем емкость CD уже не удовлетворяла пользователей компьютеров, тогда был дан толчок к созданию в конце 1995 г. DVD — Digital Versatile Disc. DVD-возможностей в настоящее время недостаточно. Поэтому на рынке появились диски Blu-Ray, которые могут вместить до 50 Гб данных.



Рис. 3.6. CD, DVD, Blu-Ray диски

Оптический диск изготавливается с использованием лазера (инфракрасного диапазона для CD, красного — для DVD, сине-фиолетового — для Blu-Ray), который выжигает в диске (поликарбонат) отверстия диаметром 0,8 микрон. Оптический диск имеет на поверхности так называемые питы. Они представляют собой микроскопические углубления в поверхности диска размером от 3.5 мкм до 850 нм и менее, расположенные друг за другом по спирали. Именно они и отвечают за хранение информации. Процесс записи можно описать как прожиг питов. Лазерный луч, получивший соответствующую команду от оптического привода, воздействует на пит излучением. В результате это приводит к его незначительному потемнению. Во время считывания информации в дело вступает фотодиод. Лазер светит на поверхность диска и отражается обратно. Фотодиод оценивает степень затененности пита, в зависимости от которой он соответствует логическому нулю или логической единице. Операция считывания файлов происходит точно так же, но в обратном порядке.

Рассмотрим принципы работы и основные характеристики *жестких дисков* (рис. 3.7).



Рис. 3.7. Жесткий диск в разобранном виде

В основе работы жесткого диска лежит особенность различных материалов (как железо, никель, кобальт и др.) взаимодействовать с магнитным полем. Поверхность жесткого диска — это миллионы упорядоченно расположенных микроскопических элементов (доменов), чувствительных к магнитному полю. Каждый из таких элементов, как обычный магнит, может иметь два полюса (северный и южный, один из которых соответствует «1», другой — «0»). За изменение полюса домена отвечает считывающая головка винчестера (рис. 3.8). Она направляет на домен электрический импульс, от характеристик которого зависит полярность домена.

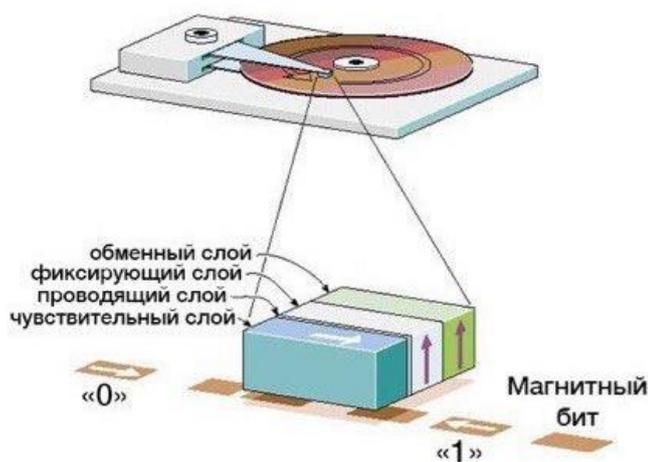


Рис. 3.8. Запись/чтение информации на жестком диске

При записи информации считывающая головка находит, так сказать, свободный (нейтральный) домен на поверхности диска и воздействует на него, «превращая» в логический «1» или «0». При считывании ей нужно всего лишь определить, каким образом намагничен элемент.

Отличительной особенностью накопителей на дисках является использование в качестве носителей информации дисков разного диаметра, отличающихся форм-фактором. **Форм-фактор** (типоразмер) — стандарт, задающий габаритные размеры жесткого диска, а также описывающий дополнительные совокупности его технических параметров, например форму, типы дополнительных элементов размещаемых в/на устройстве, их положение и ориентацию. Выпускаются носители с форм-фактором (размером) 1,8", 2,5", 3,5", 5,25" (рис. 3.9).

На данный момент, широко распространены два форм-фактора жестких дисков — это 2,5 и 3,5 дюйма. Форм-фактором в большей мере определяются габариты жестких дисков. К слову, в жесткий диск 3,5", помещается до пяти пластин накопителя, а в 2,5" — до трех пластин. Но в современных реалиях это не является преимуществом, так как разработчики определили для себя, что устанавливать более двух пластин в обычные высокопроизводительные жесткие диски не целесообразно. Хотя форм-фактор 3,5" совсем не намерен сдаваться и по уровню спроса уверенно перевешивает 2,5" в десктопном сегменте.



Рис. 3.9. Жесткие диски с форм-факторами 1,8", 2,5", 3,5", 5,25"

То есть для настольной системы пока есть смысл приобретать только 3,5", так как среди преимуществ данного форм-фактора можно отметить более низкую стоимость за гигабайт пространства при большем объеме. Это достигается за счет большей по размеру пластины, которая при одинаковой плотности записи вмещает больший объем данных, нежели 2,5". Традиционно 2,5" позиционировался как форм-фактор для ноутбуков, в большей мере благодаря своим габаритам.

### Примеры ответов на контрольные вопросы

**1.** Как называется небольшая по объему высокоскоростная буферная память для хранения команд и данных?

*Ответ.* Небольшая по объему высокоскоростная буферная память для хранения команд и данных — это кэш-память. Она строится на элементах памяти статического типа (триггерах).

**2.** Для чего служит постоянное запоминающее устройство (ПЗУ)?

*Ответ.* Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) служит для хранения программ первоначальной загрузки компьютера и тестирования его основных узлов.

**3.** Как называется высокоскоростная память, которая принадлежит какому-либо функциональному блоку компьютера и служит для снижения нагрузки на основную память?

*Ответ.* Правильный ответ – буферная память. Примерами такой памяти являются видеопамять графического адаптера, память контроллеров жестких дисков.

**4.** Как называется внутренняя память процессора?

*Ответ.* Внутренней памятью процессора является регистровая память (РП). Иногда ее называют сверхоперативной памятью.

## Контрольные вопросы

1. Какое запоминающее устройство обеспечивает длительное хранение информации пользователя?
2. В каком устройстве памяти при отключении питания компьютера информация не сохраняется?
3. Назовите небольшую по объему высокоскоростную буферную память для хранения команд и данных?
4. Для построения какого типа запоминающих устройств служит статическая память?
5. Что такое форм-фактор жестких дисков?
6. Какая память обладает наибольшей информационной емкостью?
7. Как называется быстродействующая память компьютера?
8. Для построения какого типа запоминающих устройств служит динамическая память?
9. Назовите один из ключевых параметров запоминающих устройств компьютера?
10. Как называется высокоскоростная память, которая принадлежит какому-либо функциональному блоку компьютера и служит для снижения нагрузки на основную память?
11. Где хранится прикладная программа во время ее выполнения?
12. Как называется внутренняя память процессора?
13. Какой термин является лишним в перечне: лазерный принтер, жесткий диск, магнитный барабан, оптический диск?
14. Перечислите основные параметры, характеризующие запоминающие устройства компьютера?

## Глава 4. Позиционные системы счисления

---

**Система счисления** — это совокупность приемов и правил, по которым числа записываются и читаются. Системы счисления бывают:

- **непозиционные:** вес цифры (тот вклад, который она вносит в значение числа) не зависит от ее позиции в записи числа. Так, в римской системе счисления в числе XXXII (тридцать два) вес цифры X в любой позиции равен десяти;
- **позиционные:** вес каждой цифры изменяется в зависимости от ее положения (позиции) в последовательности цифр, изображающих число. Например, в числе 757,7 первая семерка означает 7 сотен, вторая — 7 единиц, а третья — 7 десятых долей единицы.

**Основание позиционной системы счисления** — количество различных цифр, используемых для изображения чисел в данной системе счисления. За основание системы можно принять любое натуральное число — два, три, четыре и т.д. Соответственно, возможно бесчисленное множество позиционных систем: двоичная, троичная, четверичная и т.д. Система счисления, применяемая

в современной математике, является позиционной десятичной системой. Ее основание равно десяти, так как запись любых чисел производится с помощью десяти цифр: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. В позиционной системе счисления любое число можно разложить по степеням основания. Например, запись числа 757,7 означает сокращенную запись выражения:  $700 + 50 + 7 + 0,7 = 7 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0 + 7 \cdot 10^{-1} = 757,7$ .

Кроме десятичной системы счисления широко используются системы с основанием, являющимся целой степенью числа 2, а именно: двоичная (используются цифры 0, 1); восьмеричная (используются цифры 0, 1, ..., 7); шестнадцатеричная (для первых целых чисел от нуля до девяти используются цифры 0, 1, ..., 9, а для следующих чисел — от 10 до 15 — в качестве цифр используются символы A, B, C, D, E, F). Если требуется указать основание системы, к которой относится число, то оно приписывается нижним индексом к этому числу. Например:  $101101_2$ ,  $3671_8$ ,  $3B8F_{16}$ .

Для образования ряда натуральных чисел в произвольной позиционной системе счисления используются **правила счета**.

- Продвижением цифры называют замену ее следующей по величине. Продвижение старшей цифры (например, цифры 9 в десятичной системе, или цифр 1 в двоичной системе счисления) означает замену ее на 0.

- Для образования целого числа, следующего за любым данным целым числом, нужно продвинуть самую правую цифру числа; если какая-либо цифра после продвижения стала нулем, то нужно продвинуть цифру, стоящую слева от нее. На рис. 4.1 показан натуральный ряд первых 20 чисел, записанных в различных системах счисления.

Десятичная	Двоичная	Восьмеричная	Шестнадцатеричная
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	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
16	10000	20	10
17	10001	21	11
18	10010	22	12
19	10011	23	13

**Рис. 4.1. Натуральный ряд первых 20 чисел, записанных в различных системах счисления**

Перевод чисел из одной позиционной системы в другую происходит по определенным правилам. Для перевода двоичного (восьмеричного или шестнадцатеричного) числа в десятичное число необходимо его записать в виде многочлена, состоящего из произведений цифр числа и соответствующей степени основания системы счисления — числа 2 (числа 8 или числа 16), и вычислить по правилам десятичной арифметики. Например,  $3671_8 = 3 \cdot 8^3 + 6 \cdot 8^2 + 7 \cdot 8^1 + 1 \cdot 8^0 = 1977_{10}$ .

Для перевода десятичного числа в двоичную (восьмеричную или шестнадцатеричную) систему его необходимо последовательно делить на 2 (8 или 16) до тех пор, пока не останется остаток, меньший или равный 1. Число в двоичной системе записывается как последовательность последнего результата деления и остатков от деления в обратном порядке (рис. 4.2).

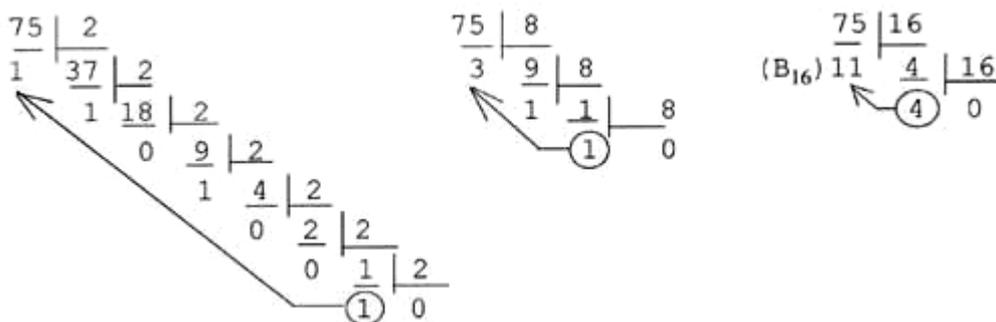


Рис. 4.2. Примеры перевода 75 из десятичной системы в двоичную, восьмеричную и шестнадцатеричную

Чтобы перевести число из двоичной системы в восьмеричную или шестнадцатеричную, его нужно разбить на триады (тройки цифр) или тетрады (четверки цифр), начиная с младшего разряда, в случае необходимости дополнив старшую триаду или тетраду нулями, и каждую триаду заменить соответствующей восьмеричной цифрой (рис. 4.1).

Для перевода восьмеричного (шестнадцатеричного) числа в двоичное необходимо каждую цифру заменить эквивалентной ей двоичной триадой (тетрадой).

При переходе из восьмеричной системы счисления в шестнадцатеричную и обратно необходим промежуточный перевод чисел в двоичную систему.

### Примеры решения задач

1. В системе счисления с каким основанием десятичное число 26 записывается в виде 101?

Решение:  $101_q = 1 \cdot q^2 + 0 \cdot q^1 + 1 \cdot q^0 = 26$

$$q^2 + 1 = 26 \Leftrightarrow q^2 = 25 \Rightarrow q = 5$$

2. Чему равна разность двоичных чисел  $1010100_2$  —  $1000010_2$ ?

Решение. Учтем, что  $10_2$  —  $1_2 = 1_2$ , и выполним операцию вычитания

$$\begin{array}{r} \text{---} 1010100 \\ \text{---} 1000010 \\ \hline 0010010 \end{array}$$

Итак,  $1010100_2 - 1000010_2 = 10010_2$ .

**3.** Перевести число  $1100101001101010111_2$  в восьмеричную систему счисления.

*Решение.* Разбиваем число на группы по три цифры — триады, начиная справа. Если в крайней левой группе окажется меньше четырех цифр, то дополним ее нулями

$$001\ 100\ 101\ 001\ 101\ 010\ 111_2.$$

Пользуясь таблицей внизу, записываем соответствующее восьмеричное число.

001	100	101	001	101	010	111
1	4	5	1	5	2	7

Ответ:  $1451527_8$ .

**4.** Перевести число  $1100101001101010111_2$  в шестнадцатеричную систему счисления.

*Решение.* Разбиваем число на группы по четыре цифры — тетрады, начиная справа. Если в крайней левой группе окажется меньше четырех цифр, то дополним ее нулями

$$0110\ 0101\ 0011\ 0101\ 0111_2.$$

Пользуясь таблицей внизу, записываем соответствующее шестнадцатеричное число.

0110	0101	0011	0101	0111
6	5	3	5	7

Ответ:  $65357_{16}$ .

**5.** Перевести число  $11011110101110111_2$  в шестнадцатеричную систему счисления.

*Решение.* Разбиваем число на группы по четыре цифры — тетрады, начиная справа. Если в крайней левой группе окажется меньше четырех цифр, то дополним ее нулями

$$0011\ 0111\ 1010\ 1110\ 1111_2.$$

Пользуясь таблицей внизу, записываем соответствующее шестнадцатеричное число.

0011	0111	1010	1110	1111
3	7	A	E	F

Ответ:  $37AEF_{16}$ .

**5.** Перевести число  $315_{10}$  в восьмеричную и в шестнадцатеричную системы счисления.

Решение.

$$\begin{array}{r} \phantom{-} 315 \overline{) 8} \\ \underline{- 24} \phantom{0} \\ \phantom{-} 75 \phantom{0} \\ \underline{- 72} \phantom{0} \\ \phantom{-} 3 \phantom{0} \end{array} \quad \begin{array}{r} \phantom{-} 39 \overline{) 8} \\ \underline{- 32} \phantom{0} \\ \phantom{-} 4 \phantom{0} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \phantom{-} 315 \overline{) 16} \\ \underline{- 16} \phantom{0} \\ \phantom{-} 155 \phantom{0} \\ \underline{- 144} \phantom{0} \\ \phantom{-} 11 \phantom{0} \end{array} \quad \begin{array}{r} \phantom{-} 19 \overline{) 16} \\ \underline{- 16} \phantom{0} \\ \phantom{-} 1 \phantom{0} \end{array}$$

Напомним, что  $11_{10} = B_{16}$ .

Отсюда следует:  $315_{10} = 473_8 = 13B_{16}$ .

### Контрольные вопросы и задачи

1. Что называется системой счисления?
2. Какие бывают виды системы счисления?
3. Что называется основанием позиционной системы счисления?
4. Какое шестнадцатеричное число соответствует десятичному числу  $63389_{10}$ ?
5. Переведите двоичные числа  $11011010001_2$ ,  $11111111000001_2$ ,  $10001111010_2$ ,  $10001111011_2$  в шестнадцатеричную систему счисления.
6. Переведите шестнадцатеричные числа  $1AC7_{16}$ ,  $FACC_{16}$  в двоичную систему счисления.
7. Переведите восьмеричные числа  $774_8$ ,  $665_8$  в шестнадцатеричную систему счисления.
8. Какое шестнадцатеричное число соответствует двоичному числу  $1011101_2$ ?
9. Переведите десятичное число  $45_{10}$  в двоичную систему счисления.
10. Переведите десятичное число  $672_{10}$  в восьмеричную систему счисления.
11. Запишите в развернутом виде (в виде многочлена по степеням основания) десятичное число  $5124,23_{10}$ .
12. Запишите в развернутом виде восьмеричное число  $327,14_8$ .
13. Чему равно количество значащих нулей в двоичной записи числа  $255_{10}$ ?
14. Какое шестнадцатеричное число соответствует десятичному числу  $63389_{10}$ ?
15. Чему равно количество цифр в двоичной записи десятичного числа, представленного в виде:  $1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 128 + 256 + 512$ ?
16. Чему равна сумма  $10_2 + 10_8 + 10_{16}$  в двоичной системе счисления?
17. Какое шестнадцатеричное число соответствует двоичному числу  $1011101_2$ ?
18. Чему равна разность шестнадцатеричных чисел  $7777_{16} - 887_{16}$ ?

## Глава 5. Алгебра логики

**Алгебра логики** — это раздел математики, изучающий логические высказывания, рассматриваемые со стороны их логических значений (истинности или ложности) и логических операций над ними.

**Логическое высказывание** — это любое повествовательное предложение, в отношении которого можно однозначно сказать, истинно оно или ложно. Алгебра логики возникла в середине XIX в. в трудах английского математика Джорджа Буля. Ее создание представляло собой попытку решать традиционные логические задачи алгебраическими методами.

Употребляемые в обычной речи слова и словосочетания «не», «и», «или», «если..., то», «тогда и только тогда» и другие позволяют из уже заданных высказываний строить новые высказывания. Такие слова и словосочетания называются логическими связками.

Схемы И, ИЛИ, НЕ и другие являются логическими элементами компьютеров. Работу логических элементов описывают с помощью таблиц истинности.

**Таблица истинности** — это табличное представление логической схемы (операции), в котором перечислены все возможные сочетания значений истинности входных сигналов (операндов) вместе со значением истинности выходного сигнала (результата операции) для каждого из этих сочетаний. Каждая логическая связка рассматривается как операция над логическими высказываниями и имеет свое название и обозначение.

**Логическое отрицание** (логическое НЕ, инверсия) обозначается чертой над высказыванием  $\bar{A}$  (или  $\neg A$ ). Высказывание  $\bar{A}$  истинно, когда  $A$  ложно, и ложно, когда  $A$  истинно. Условное обозначение на структурных схемах инвертора и таблица истинности представлены на рис. 5.1. Связь между входом  $x$  этой схемы и выходом  $z$  можно записать соотношением  $z = \bar{x}$ , где  $\bar{x}$  читается как «не  $x$ » или «инверсия  $x$ ». Если на входе схемы 0, то на выходе 1. Когда на входе 1, на выходе 0.

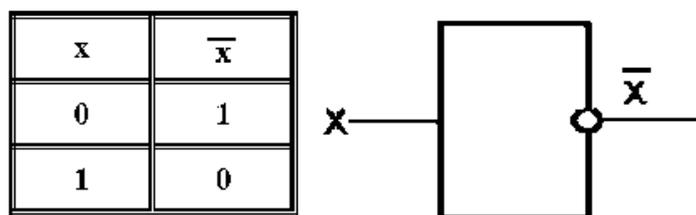
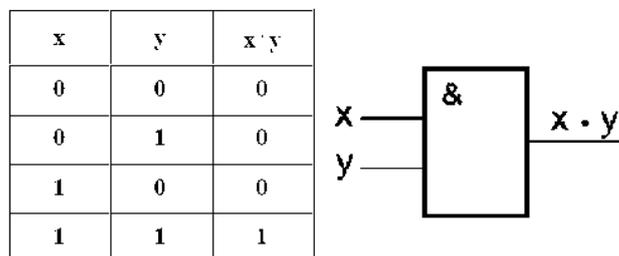


Рис. 5.1. Условное обозначение на структурных схемах инвертора и соответствующая таблица истинности

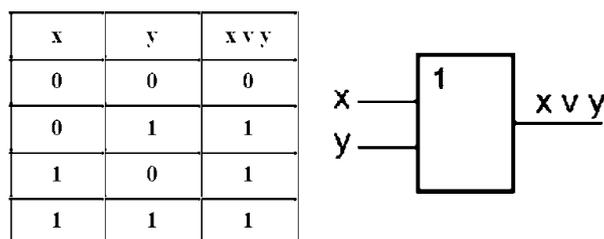
**Логическое умножение** (логическое И, конъюнкция) обозначается точкой, как знак умножения, может также обозначаться знаками  $\wedge$  или  $\&$ ). Высказывание  $A \cdot B$  истинно тогда и только тогда, когда оба высказывания  $A$  и  $B$  истинны. Единица на выходе схемы И будет тогда и только тогда, когда на всех входах будут единицы. Когда хотя бы на одном входе будет ноль, на выходе также будет ноль. Связь между выходом  $z$  этой схемы и входами  $x$  и  $y$  описывается со-

отношением:  $z = x \cdot y$  (читается как « $x$  и  $y$ »). Операция конъюнкции на структурных схемах обозначается знаком  $\&$ . Условное обозначение на структурных схемах схемы И с двумя входами и соответствующая таблица истинности представлены на рис. 5.2.



**Рис. 5.2. Условное обозначение на структурных схемах схемы И с двумя входами и соответствующая таблица истинности**

**Логическое сложение** (логическое ИЛИ, дизъюнкция) обозначается знаком  $\vee$ . Высказывание  $A \vee B$  ложно тогда и только тогда, когда оба высказывания  $A$  и  $B$  ложны. Связь между выходом  $z$  этой схемы и входами  $x$  и  $y$  описывается соотношением:  $z = x \vee y$ . Условное обозначение на структурных схемах схемы ИЛИ с двумя входами и соответствующая таблица истинности показаны на рис. 5.3.



**Рис. 5.3. Условное обозначение на структурных схемах схемы ИЛИ с двумя входами и соответствующая таблица истинности**

**Импликация** (ЕСЛИ ТО), выражаемая связками «если..., то», «из... следует», «...влечет...», обозначается знаком  $\rightarrow$ . Высказывание  $A \rightarrow B$  ложно тогда и только тогда, когда  $A$  истинно, а  $B$  ложно. Таблица истинности логической связки импликация представлена на рис. 5.4.

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

**Рис. 5.4. Таблица истинности логической связки импликация**

**Эквиваленция** (РАВНОСИЛЬНО) — логическая операция, выражаемая связками «тогда и только тогда», «необходимо и достаточно»,

«...равносильно...», еще называется двойной импликацией и обозначается знаком  $\leftrightarrow$  или  $\sim$ . Высказывание  $A \leftrightarrow B$  истинно тогда и только тогда, когда значения  $A$  и  $B$  совпадают. Таблица истинности логической связки эквиваленция представлена на рис. 5.5.

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

Рис. 5.5. Таблица истинности логической связки эквиваленция

Импликацию можно выразить через дизъюнкцию и отрицание:  $A \rightarrow B = \neg A \vee B$ . Эквиваленцию можно выразить через отрицание, дизъюнкцию и конъюнкцию:  $A \leftrightarrow B = (\neg A \vee B) \wedge (\neg B \vee A)$ . Таким образом, операций отрицания, дизъюнкции и конъюнкции достаточно, чтобы описывать и обрабатывать логические высказывания.

Реализация логических схем возможна при помощи устройств, использующих самые разнообразные физические принципы, хотя, как правило, это электронные устройства. Логические элементы подразделяются и по типу использованных в них электронных элементов. Наибольшее применение в настоящее время находят следующие логические элементы: резисторно-транзисторная логика (РТЛ), диодно-транзисторная логика (ДТЛ), транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ).

Для надежного запоминания одного разряда двоичного кода в регистрах компьютера используется специальная электронная схема — триггер. Триггер имеет два устойчивых состояния, одно из которых соответствует двоичной единице, а другое — двоичному нулю. То есть триггер может хранить 1 бит информации.

## Примеры решения задач

1. Что из заданных логических выражений не является тождественно истинным?

НЕ  $(A \text{ И } B) \text{ И } A$

$A \text{ ИЛИ НЕ } B \text{ ИЛИ НЕ } A$

$A \text{ ИЛИ НЕ } A \text{ ИЛИ НЕ } B$

$A \text{ И } B \text{ ИЛИ НЕ } A \text{ ИЛИ НЕ } B$

Решение. Правильным ответом является выражение НЕ  $(A \text{ И } B) \text{ И } A$ .

Таблица истинности для данного выражения имеет вид:

A	B	НЕ $(A \text{ И } B) \text{ И } A$
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Из таблицы видно, что исходное логическое выражение не является тождественно истинным, так как на первом, втором и четвертом наборах значений переменных оно принимает значение 0. Остальные заданные выражения принимают значение 1 на всех наборах значений переменных, т.е. являются тождественно истинными.

2. Сколько триггеров потребуется для запоминания 8 байт информации?

*Решение.* Триггер может хранить 1 бит информации. Поскольку 1 байт = 8 бит, то 8 байт =  $8 \cdot 8$  бит = 64 бит. Следовательно, для запоминания 8 байт информации потребуется 64 триггера.

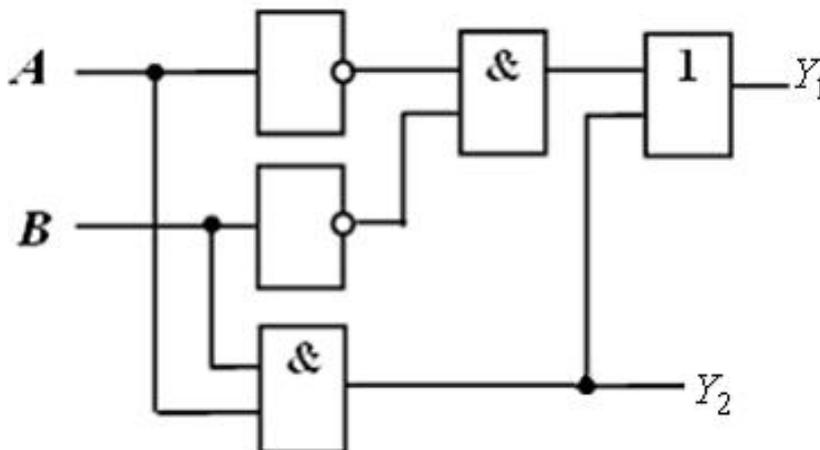
3. Составить таблицу истинности для формулы  $x \cdot \overline{uxu}$ , которая содержит две переменные  $x$  и  $u$ .

*Решение.* В первых двух столбцах таблицы запишем четыре возможных пары значений этих переменных, в последующих столбцах — значения промежуточных формул и в последнем столбце — значение формулы. В результате получим таблицу:

Переменные		Промежуточные логические формулы					Формула
$x$	$u$	$\overline{x}$	$\overline{x} \cdot u$	$x \vee u$	$\overline{xu}$	$x \cdot u\overline{xu}$	$x \cdot \overline{uxu}$
0	0	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	0	1
1	1	0	0	1	0	0	1

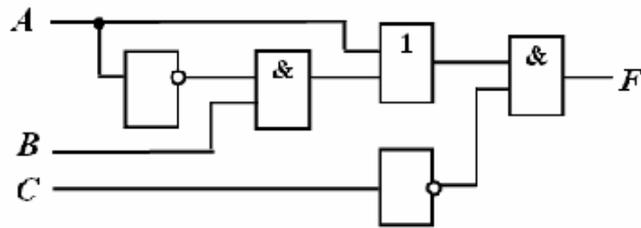
### Контрольные вопросы и задачи

1. Какая комбинация значений будет на выходе, если на входы логической схемы подана следующая комбинация входных параметров  $A = 0, B = 1$ ?



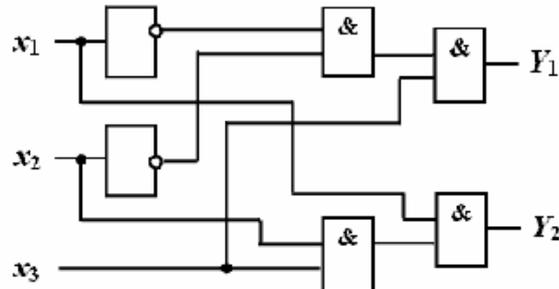
2. Какое логическое выражение соответствует высказыванию «Точка  $x$  принадлежит отрезку  $[A, B]$ »?

3. Логической функции  $F$  соответствует логическая схема



Какая таблица истинности соответствует данной логической функции  $F$ ?

4. На входы логической схемы подана следующая комбинация входных параметров  $x_1 = 0, x_2 = 1, x_3 = 1$ .



Какая комбинация значений будет на выходе?

5. При каких значениях  $A, B, C$  логическое выражение  $\text{НЕ}(A > B)$  И  $\text{НЕ}(A = C)$  будет истинным?

6. Определите с помощью таблиц истинности, какие из следующих формул являются тождественно истинными или тождественно ложными:

а)  $\overline{A} \cdot AB \cdot (A \cdot BB)$

б)  $\left( (AB) \rightarrow B \right) \cdot (\overline{AB})$

в)  $\overline{A \cdot B} \leftrightarrow (\overline{AB})$

г)  $A \cdot B \cdot (\overline{CED}) \cdot \overline{B}$

д)  $A \cdot (B \cdot (\overline{AB}))$

е)  $(\overline{AB}) \cdot (\overline{BC}) \overline{AC}$

ж)  $(A \rightarrow B) \leftrightarrow (\overline{B} \rightarrow \overline{A})$

7. Постройте таблицы истинности для логических формул и упростите формулы, используя законы алгебры логики:

а)  $A \cdot \overline{CC} \cdot (\overline{BC})(\overline{AB}) \cdot C$

б)  $A \cdot (\overline{BC}) \overline{A} \cdot B$

в)  $(\overline{AC}) \cdot \overline{A \cdot C} \cdot (\overline{BC}) \cdot \overline{B \cdot C}$

г)  $A \cdot B \cdot CA \cdot \overline{B} \cdot CA \cdot B \cdot \overline{C} \cdot D$

д)  $AB\overline{B} \cdot C \cdot D\overline{B} \cdot \overline{C} \cdot D\overline{B} \cdot \overline{C} \cdot D$

е)  $AD\overline{A} \cdot B \cdot C\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}$

ж)  $\overline{ABCB}(\overline{ABC} \cdot \overline{ABC})\overline{A} \cdot \overline{B}$

з)  $A \cdot B \cdot CA \cdot B \cdot \overline{CA} \cdot \overline{B} \cdot C \cdot DA \cdot B \cdot C \cdot \overline{DA} \cdot B \cdot C \cdot D$

## Глава 6. Файловая структура операционной системы

---

**Операционная система (ОС)** — это совокупность программных средств, обеспечивающая управление аппаратной частью компьютера и прикладными программами, а также их взаимодействие между собой и пользователем. При включении компьютера ОС автоматически загружается в память раньше остальных программ и затем служит платформой и средой для их работы

Функциями ОС являются:

- обеспечение нескольких видов интерфейса — аппаратно-программного, программного и пользовательского;
- загрузка приложений в оперативную память и их выполнение;
- стандартизованный доступ к периферийным устройствам;
- управление оперативной памятью;
- управление энергонезависимой памятью, как правило, с помощью файловой системы;
- взаимодействие между процессами;
- межмашинное взаимодействие;
- разграничение прав доступа и многопользовательский режим работы.

**Файловая структура** (система) — это функциональная часть ОС, обеспечивающая выполнение операций над файлами. В ОС семейства Windows для выбора доступны следующие файловые системы: NTFS, FAT32. NTFS — это рекомендуемая файловая система для семейства ОС Windows. Права файловой системы NTFS неразрывно связаны с самой системой, т.е. они, вообще говоря, необязательны к соблюдению другой системой, если ей дать физический доступ к диску. С целью улучшения производительности, надежности и эффективности использования дискового пространства для хранения информации о файлах в NTFS используются специализированные структуры данных. В данной файловой системе присутствует возможность автоматического восстановления после некоторых ошибок, связанных с дисками, а также улучшенная поддержка для жестких дисков повышенного размера. Повышенная безопасность достигается благодаря использованию разрешений и шифрования для ограничения доступа конкретных пользователей к определенным файлам.

FAT32 не обеспечивает уровня безопасности, сопоставимого с файловой системой NTFS, поэтому при наличии в ОС Windows 7 жесткого диска или раздела, отформатированного в FAT32, любой пользователь, имеющий доступ к компьютеру, может прочитать любой файл на нем. FAT32 также имеет ограничения по размеру. Невозможно создать раздел FAT32 размером более 32 ГБ или сохранить в разделе FAT32 отдельный файл, размер которого превышает 4 ГБ. Разница между двумя рассматриваемыми файловыми системами отображена в табл. 6.1.

## Сравнительная характеристика файловых систем NTFS и FAT

Признак	NTFS	FAT16 / FAT32
Размеры диска	$2^{64}$ байт (16 ЭБ или 18 446 744 073 709 551 616 байт)	Приблизительно $2^{43}$ байт (8 ТБ)
Размер логического диска или тома	Теоретически — $2^{64}-1$ кластер. Минимальный размер тома 8 МБ. Минимальный рекомендуемый размер тома 10 МБ	Запись в таблице FAT на томе с файловой системой FAT32 имеет размер 4 байта, поэтому средство ScanDisk не может работать с таблицей FAT на диске FAT32, описывающей более 4 177 920 кластеров (включая два резервных). С учетом самих таблиц FAT и при максимальном размере кластера 32 кБ размер тома может быть до 127,53 ГБ
Поддержка ссылок разных типов	NTFS поддерживает жесткие и символьные ссылки, соединения для каталогов	FAT не поддерживает ссылки
Максимальный размер файла	Теоретически — $2^{64}$ байт минус 1 килобайт. Практически — $2^{44}$ байт минус 64 килобайта (~16 384 гигабайт или ~16 терабайт)	FAT16 поддерживает файлы размером не более 2 Гигабайт. FAT32 поддерживает файлы размером не более 4 Гигабайт
Поддержка сжатия	На уровне файловой системы для файлов, каталогов и дисков; не комбинируется с шифрованием, то есть каждый файл может быть либо сжат, либо зашифрован	На уровне диска (в FAT16). В FAT32 не поддерживается
Максимальное количество файлов	4 294 967 295 ( $2^{32}-1$ )	В FAT32 не более 268 435 444 ( $2^{28}-12$ )

В некоторых типах файловых систем используется понятие **кластера** — логической единицы хранения данных в таблице размещения файлов, объединя-

ющих группу секторов. Например, на дисках с размером секторов в 256 байт, 256-байтный кластер содержит один сектор, тогда как 2-килобайтный кластер содержит восемь секторов. Как правило, это наименьшее место на диске, которое может быть выделено для хранения файла.

С помощью файловой системы производится работа с файлами на компьютере. **Файлом** называется совокупность данных, записанных на внешних носителях, имеющая свое имя. В каждом файле хранится отдельный информационный объект: документ, статья, числовой массив, программа и пр. Заключенная в файле информация становится активной, т.е. может быть обработана компьютером, только после того, как она будет загружена в оперативную память.

Для поиска нужного файла или нескольких файлов по команде Пуск → Поиск используется **шаблон (маска) файла**. В имени файла используются символы \* и ?. Знак \* заменяет несколько символов в имени файл, знак ? заменяет только один символ. Примеры шаблонов имен файлов: Primer.\* означает все файлы с именем Primer, A\*.txt — все файлы, которые начинаются на букву А и имеют расширение txt, F??\*.pas — файлы с расширением pas, имена которых состоят из трех букв и начинаются на букву F, \*.\* — все файлы. Практически во всех операционных системах имя файла составляется из двух частей, разделенных точкой. Например: турrog.pas, где турrog — имя файла, а pas — расширение. Расширение указывает, какого рода информация хранится в данном файле. В большинстве ОС максимальная длина расширения — три символа. В операционной системе Windows в именах файлов допускается использование русских букв, максимальная длина имени — 255 символов. Файлы, содержащие выполнимые компьютерные программы, имеют расширения exe или com. Расширение txt обычно обозначает текстовый файл (содержит текст), рsx — графический файл (содержит рисунок), а zip или rar — архивный файл (содержит архив — сжатую информацию) и т.д. Существует два типа файловых структур: одноуровневая и многоуровневая.

**Одноуровневая файловая структура** — линейная последовательность имен файлов, используется для дисков с небольшим количеством файлов (рис. 6.1). Папка (каталог) самого верхнего уровня называется корневым каталогом.

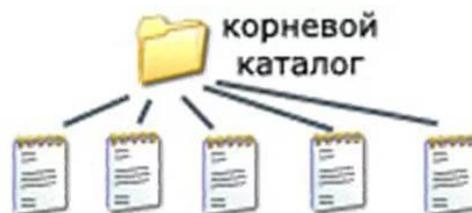


Рис. 6.1. Схема одноуровневой файловой системы

**Многоуровневая файловая система** также может называться иерархической. Ее пример предоставлен на рис. 6.2.

**Путь к файлу** — последовательность папок, начиная от самой верхней и заканчивая той, в которой непосредственно хранится файл. Например,

C:\Рефераты\Информатика\ или C:\GAMES\CHESS\zena.exe. Чтобы найти файл, необходимо владеть следующей информацией: имя диска — C, папка первого уровня — GAMES, папка второго уровня — CHESS, имя файла — zena.exe. В процессе работы наиболее часто над файлами производят следующие операции: копирование, перемещение, удаление, переименование.

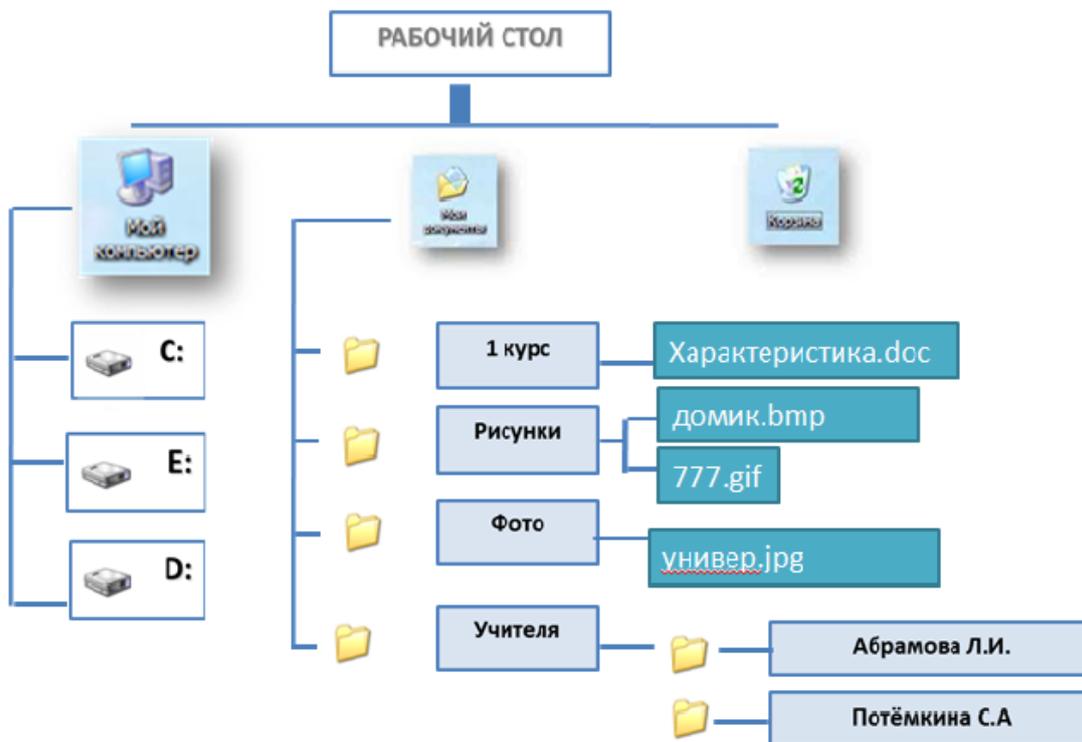


Рис. 6.2. Схема многоуровневой файловой системы

## Примеры решения задач

1. Имеются файлы:

```
BAS.TXT
BA.TXT
AS.EXT
STAR.T
```

Какой файл остался в группе после удаления файлов, выделенных при помощи маски \*A?.\*T?

*Решение.* Для групповых операций с файлами используются маски имен файлов, при создании которых применяются специальные символы ? (вопросительный знак) обозначает ровно один любой символ, символ \* (звездочка) обозначает любое количество любых символов (в том числе может обозначать и пустую последовательность). В имени файла предпоследним символом должен быть символ A, а в расширении имени последним символом должен быть символ T. Этим требованиям удовлетворяют имена файлов AS.EXT, BAS.TXT и STAR.T, которые и будут удалены. Имя файла BA.TXT к указанной маске не

подходит (поэтому он и не удалится), так как символ А находится не на предпоследней позиции, а на последней.

2. На некотором жестком диске размер кластера составляет 4096 байт. На этот диск записаны четыре файла размерами 500, 10000, 8000 и 5000 байт. Сколько кластеров необходимо для хранения всех четырех файлов?

*Решение.* Кластер является наименьшей единицей адресации к данным. Когда файл записывается на диск, файловая система выделяет соответствующее количество кластеров для хранения данных файла. Например, если каждый кластер равен 512 байт, а размер сохраняемого файла составляет 800 байт, то для его хранения будут выделены два кластера. Впоследствии, если вы модифицируете файл таким образом, что он увеличится в размерах, скажем, до 1600 байт, для его сохранения будут выделены еще два кластера. В кластер, частично занятый каким-либо файлом, нельзя поместить больше ничего. Допустим, ваш файл располагается в 10 кластерах размером по 1024 Кб, причем в последнем, десятом кластере, он занимает всего 10 байт. Что происходит с оставшимся свободным килобайтом? Ничего. Он просто пропадает для пользователя. В приведенной задаче для хранения первого файла будет отведен один кластер, так как  $500 \text{ байт} < 4096 \text{ байт}$ ; для хранения второго файла будет отведено три кластера, так как  $10000 : 4096 \approx 2,44$ , а количество кластеров должно быть целым; для хранения третьего файла будет отведено два кластера, так как  $8000 : 4096 \approx 1,95$ ; для хранения четвертого файла будет так же отведено два кластера, так как  $5000 : 4096 \approx 1,22$ . Для хранения на диске всех четырех файлов необходимо:  $1+3+2+2=8$  кластеров.

## Контрольные вопросы и задачи

1. Перечислите основные функции современных операционных систем?

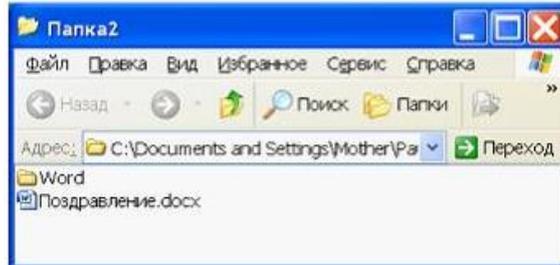
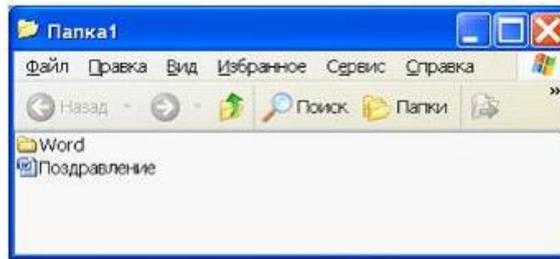
2. Пользователь, перемещаясь из одной папки в другую, последовательно посетил папки ACADEMY, COURSE, GROUP, E:\, PROFESSOR, LECTIONS. При каждом перемещении пользователь либо спускался на уровень ниже, либо поднимался на уровень выше. Каким будет полное имя папки, из которой начал перемещение пользователь?

3. Преподаватель работал в папке D:\Информатика\Курс 1\Текущие тесты. Затем перешел в дереве папок на уровень выше, спустился в папку Лекции-презентации и удалил из нее файл Лекция\_1. Каким будет полное имя файла, который удалил преподаватель?

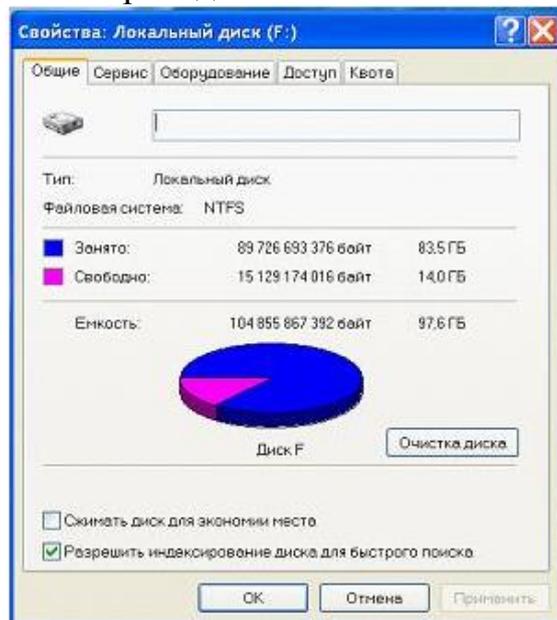
4. На некотором жестком диске размер кластера составляет 512 байт. На этот диск записаны четыре файла размерами 100, 200, 1000 и 2500 байт. Сколько кластеров необходимо для хранения всех четырех файлов?

5. Допустимо ли использовать в качестве имени файла данную последовательность символов: Лабораторная работа: кодирование информации.doc?

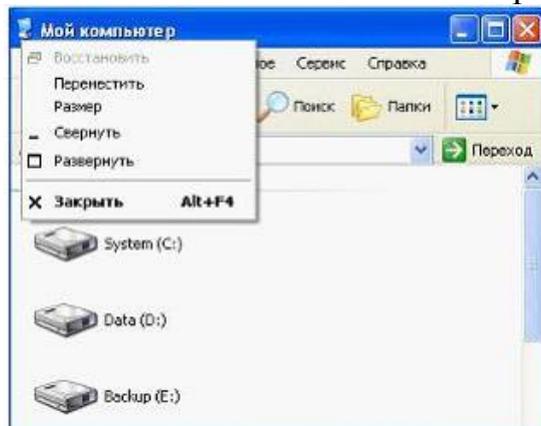
6. По какой причине в окне Папка 1 расширение у файла отсутствует, а в окне Папка 2 — присутствует?



7. Что произойдет если в приведенном окне нажать кнопку Очистка диска?



8. Какое окно открыто в окне папки Мой компьютер?



9. Какой маске удовлетворяет файл ABC.TXT?

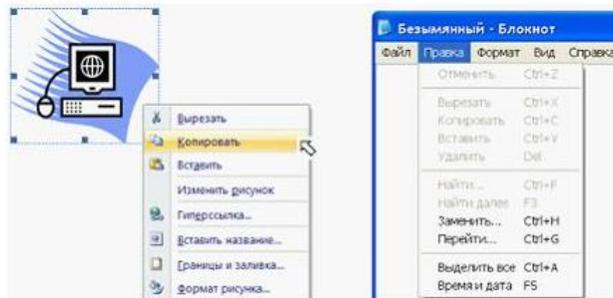
\* B?.\* XT

B\*.\*

\* B\*.\* X

?B?.?T\*

10. Вы скопировали рисунок из коллекции клипов Microsoft Office в буфер обмена и хотите вставить его в текстовый документ, создаваемый с помощью стандартного приложения Блокнот. Почему недоступна команда Правка-Вставить?



11. Объединена ли данная группа расширений .bmp, .jpeg, .cdr, .png имен файлов общим признаком?

12. Является ли проверка файлов на наличие орфографических ошибок при упаковке в архив и тестирование целостности файловой системы к основным функциям программ-архиваторов?

## Глава 7. Базы данных

**База данных** — это реализованная с помощью компьютера информационная структура (модель), отражающая состояние объектов и их отношения. База данных — представленная в объективной форме совокупность самостоятельных материалов (статей, расчетов, нормативных актов, судебных решений и иных подобных материалов), систематизированных таким образом, чтобы эти материалы могли быть найдены и обработаны с помощью ЭВМ.

Основными *объектами баз данных* являются:

- **таблицы** — основные объекты любой базы данных, в которых хранятся все данные, имеющиеся в базе, и хранится сама структура базы: поля (столбцы таблицы), их типы и т.д.;

- **формы** — средства для ввода данных, предоставляющие пользователю необходимые для заполнения поля. В них можно разместить специальные элементы управления (счетчики, раскрывающиеся списки, переключатели, флажки и прочее) для автоматизации ввода;

- **запросы** — служат для извлечения данных из таблиц и предоставления их пользователю в удобном виде. С их помощью выполняют отбор данных, их сортировку и фильтрацию. Можно выполнить преобразование данных по заданному алгоритму, создавать новые таблицы, выполнять автоматическое заполнение таблиц данными, импортированными из других источников, выполнять простейшие вычисления в таблицах и многое другое;

- **отчеты** — предназначены для вывода данных, причем для вывода не на экран, а на печатающее устройство (принтер). В них приняты специальные меры для группирования выводимых данных и для вывода специальных элемен-

тов оформления, характерных для печатных документов (верхний и нижний колонтитулы, номера страниц, время создания отчета и другое).

Также существуют другие объекты базы данных: макросы и модули, страницы доступа к данным и т.д.

**Модель данных** — набор принципов, определяющих организацию логической структуры хранения данных в базе. Существуют такие модели данных как иерархическая, реляционная, сетевая.

**Иерархическая модель** организации данных представляет собой совокупность элементов, расположенных в порядке их подчинения от общего к частному и образующих перевернутое по структуре дерево — граф (рис. 7.1).

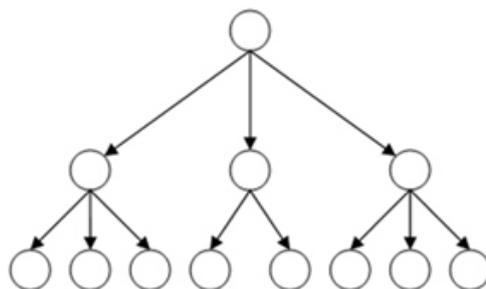


Рис. 7.1. Схема иерархической модели данных

**Сетевая модель** — это структура, у которой любой элемент может быть связан с любым другим элементом (рис. 7.2). Сетевая база данных состоит из наборов записей, которые связаны между собой так, что записи могут содержать ссылки на другие наборы записей. Тем самым наборы записей образуют сеть. Связи между записями могут быть произвольными, и эти связи присутствуют и хранятся в базе данных.

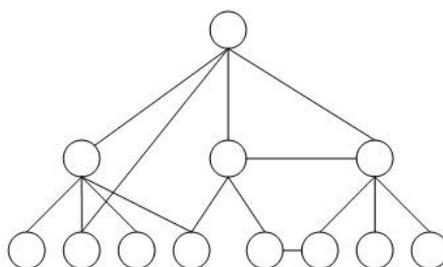


Рис. 7.2. Схема сетевой модели данных

Концепции **реляционной модели** впервые были сформулированы в работах американского ученого Э. Ф. Кодда, откуда происходит ее второе название — модель Кодда. Реляционные базы данных (рис. 7.3) являются наиболее распространенными в практике. Название «реляционная» (в переводе с англ. relation — отношение) связано с тем, что каждая запись в таблице содержит информацию, относящуюся только к одному конкретному объекту. Реляционная модель получается путем дальнейшей формализации иерархической модели. Важнейшим понятием реляционных моделей данных является сущность (объект любой природы, данные о котором хранятся в базе данных). Данные о сущности хра-

няются в двумерных таблицах, которые называют реляционными. Столбцы таблицы в реляционной базе данных — *поля*, а строки таблицы — *записи*. Запись содержит информацию об одном конкретном объекте. Если записей в таблице нет, то это значит, что структура базы данных образована только набором полей. Поле — это простейший объект базы данных, предназначенный для хранения значений параметра реального объекта или процесса. Связи между таблицами базы данных дают возможность совместно использовать данные из разных таблиц. В реляционной базе данных связи характеризуются отношениями типа «один к одному» или «один ко многим» (рис. 7.3). **Первичный ключ** — это столбец сущности или набор атрибутов, благодаря которому можно получить доступ к данным конкретной строки. Он должен быть уникальным, единственным, а его поля не могут содержать пустых значений.

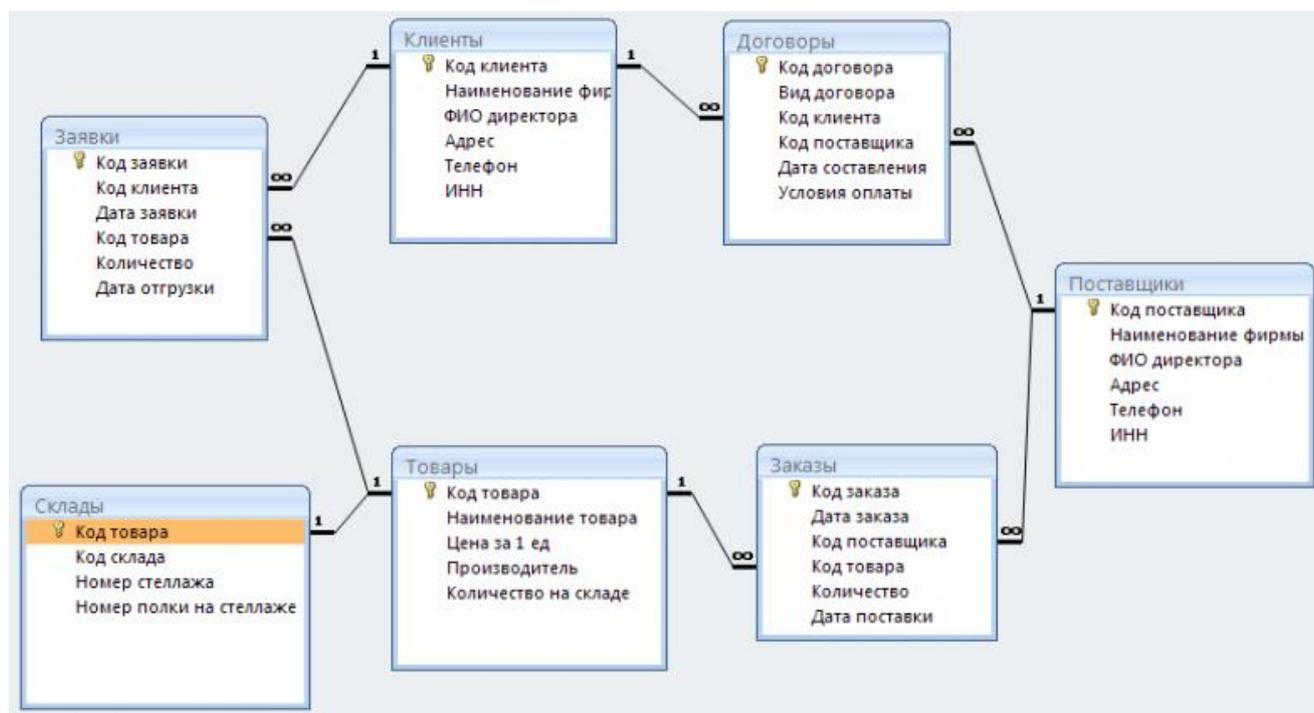


Рис. 7.3. Пример реляционной модели данных

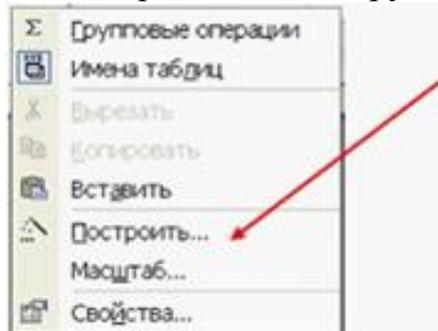
Для наполнения и манипулирования данными, представляющими интерес для пользователей при решении прикладных задач, созданы специальные программы — **системы управления базами данных (СУБД)**. Иными словами, СУБД — интерфейс между базой данных и прикладными задачами. Одной из самых мощных, гибких и простых в использовании СУБД является MS Access.

## Примеры решения задач

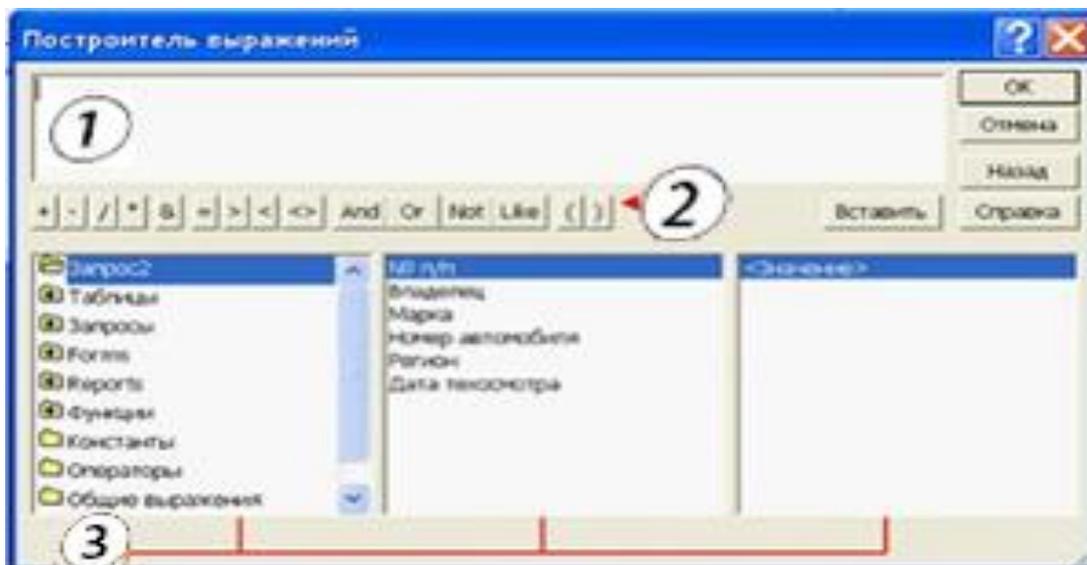
**1.** В таблицу базы данных «Аптека», содержащую 7 столбцов информации о товаре (наименование, поставщик, количество, дата окончания срока хранения, цена, вес, температура хранения), внесена информация о 15 видах товара. Сколько будет полей в таблице?

*Решение.* Столбцы таблицы в реляционной базе данных — поля, а строки таблицы — записи. Таким образом, в данной таблице 7 полей и 15 записей.

2. Для чего служит пункт *Построить* в конструкторе запросов MS Access?



*Решение.* Ввод выражений возможен в среде MS Access не только вручную, но и с помощью удобного инструмента, называемого *Построитель выражений*.



3. Дан фрагмент базы данных «Телефонный справочник».

Телефонный справочник : таблица			
Фамилия	Имя	Адрес	Телефон
Александров	Юрий	Мира проспект, 8-20	184-20-83
Ковалев	Евгений	Зорге улица, 6-48	521-12-40
Михайлов	Вадим	Невский проспект, 2-8	243-12-17
Михайлова	Евгения	Невская улица, 5-25	521-20-27
Михеев	Николай	Невский проспект, 12-8	243-67-07
Москвина	Елена	Невский проезд, 14-32	719-99-14

Требуется восстановить номер телефона абонента, о котором известно, что его фамилия либо Михайлов, либо Михайловский, проживает он на Невском проспекте и номер его телефона оканчивается на цифру 7. Какой вид должен иметь соответствующий запрос?

Выберите правильный вариант:

а) (Фамилия = “Михайло\*”) И (Адрес = “Невский проспект”) И (Телефон=###-##-#7)

б) (Фамилия=“Михайлов”) И (Адрес=“Невский проспект”) И (Телефон=###-##-#7)

в) (Фамилия=“Мих\*”) И (Адрес=“Невский проспект”) И (Телефон=###-##-#7)

г) (Фамилия=“Михайло”) И (Адрес=“Нев\*”) И (Телефон=###-##-#7)

*Решение.* По запросу (Фамилия=“Михайлов”) И (Адрес=“Невский проспект”) И (Телефон=###-##-#7) будет найден абонент Михайлов, но никак не Михайловский. По запросу (Фамилия=“Мих\*”) И (Адрес=“Невский проспект”) И (Телефон=###-##-#7) будут найдены и Михайлов, и Михеев, также проживающий на Невском проспекте, чей номер телефона также оканчивается на цифру «7». По запросу (Фамилия=“Михайло”) И (Адрес=“Нев\*”) И (Телефон=###-##-#7) будут найдены и Михайлов, и Михайлова, проживающая на Невском проезде, чей номер также заканчивается цифру «7». Поскольку символ «\*» означает любое количество любых символов, то по запросу Фамилия = “Михайло\*”) И (Адрес = “Невский проспект”) И (Телефон=###-##-#7) будут найдены номера телефонов абонентов с фамилией либо Михайлов, либо Михайловский, проживающих на Невском проспекте и с номерами телефонов, оканчивающихся на цифру «7». Правильный ответ: а) (Фамилия = “Михайло\*”) И (Адрес = “Невский проспект”) И (Телефон=###-##-#7)

## Контрольные вопросы и задачи

1. Перечислите характеристики объекта СКЛАД, которые должны быть отражены в структуре реляционной базы данных, если необходимо получить следующую информацию: наименование и количество товара с истекшим сроком хранения; наименование товара с ценой менее 70 руб.; наименование всех товаров на общую сумму более 2000 руб. Построенная модель не должна содержать избыточную информацию.

2. В чем состоит особенность поля «Счетчик»?



Имя поля	Тип данных
Код учащегося	Счетчик
ФИО	Текстовый
Пол	Текстовый
История	Числовой
География	Числовой
Англ_язык	Числовой

3. Что позволяет автоматизировать операцию ввода в связанных таблицах?

Номер заказа	Код покупателя	Код продукта	Количество	Дата заказа
7010	40	400	14,4	14.08.2004
7020	10	400	8,5	01.09.2004
7060	20	200	10,5	25.08.2004
7120	40	400	12,8	14.08.2004
7140	10	300	8,6	01.09.2004
7150	100	100	15,5	25.08.2004
7200	Код покупателя	Наименование покупателя		2004
7220	10	Кафе "Парус"		2004
7230	20	Клуб "Белый попугай"		2004
7310	30	Бар "Медведица"		2004
*	40	Ресторан "Юбилейный"		
	50	МЦ "Дубки"		
	100	Клуб "Фараон"		

4. Дан фрагмент базы данных «Страны мира». После проведения сортировки сведения о Великобритании переместятся на одну строку вверх. В каком порядке надо провести сортировку, чтобы это действие стало возможно?

№ п/п	Страна	Площадь	Население	Плотность	Перепись
1	Вануату	12 200,00	0,215	16	2005
2	Ватикан	0,44	0,00082	2023	2007
3	Великобритания	244 101,00	61,441	248	2005
4	Венгрия	93 030,00	10,059	108	2005
5	Венесуэла	916 445,00	27,73	30	2007
6	Восточный Тимор	14 900,00	1,04	70	2005
7	Вьетнам	329 560,00	83,535	253	2005

5. Создается информационная модель, описывающая олимпиаду по физике. Модель позволяет получить следующую информацию: фамилию участника, набравшего максимальное количество баллов в теоретическом туре; фамилию учителя физики и номер школы, в которой учится участник, набравший максимальное количество баллов в практическом туре; возраст участника, набравшего максимальную сумму баллов по двум турам. Построенная модель не должна содержать избыточную информацию. Что является признаками объекта, которые должны быть отражены в информационной модели?

6. Представлена база данных «Тестирование».

Номер	ФИО	Пол	Математика	Физика	Информатика
1	Аганян Л.Г.	ж	82	59	52
2	Аксенов И.Н.	м	56	46	48
3	Васильева Л.И.	ж	43	38	32
4	Кондратьев О.Г.	м	74	54	63
5	Сергеева Т.В.	ж	62	62	60
6	Прокопьев И. В.	м	63	63	58
7	Черепанова О.С.	ж	72	70	59
8	Яшина Н.А.	ж	60	62	48
9	Северюгин Н. А.	м	63	58	48
10	Евсюкова А. И.	ж	56	56	56

Сколько записей удовлетворяют условиям поиска?

7. Представлена база данных «Тестирование».

Номер	ФИО	Пол	Математика	Физика	Информатика
1	Аганян Л.Г.	ж	82	59	52
2	Аксенов И.Н.	м	56	46	48
3	Васильева Л.И.	ж	43	38	32
4	Кондратьев О.Г.	м	74	54	63
5	Сергеева Т.В.	ж	62	62	60
6	Прокопьев И. В.	м	63	63	58
7	Черепанова О.С.	ж	72	70	59
8	Яшина Н.А.	ж	60	62	48
9	Северюгин Н. А.	м	63	58	48
10	Евсюкова А. И.	ж	56	56	56

В ней сначала была проведена сортировка по убыванию значений поля «ФИО», а затем фильтрация по указанным ниже условиям.

Номер	ФИО	Пол	Математика	Физика	Информатика
			>=63		>=58

Запись с каким номером окажется первой после выполнения фильтрации и сортировки?

8. Дан фрагмент базы данных «Сотрудники».

Номер	ФИО	Зарплата	Премия
1	Ефремов А.В.	3850	4900
2	Кузьмин В.И.	4000	6100
3	Сушкова С.А.	4280	6500
4	Зимин Ю.Н.	2500	3900
5	Степанова А.Н.	4300	6500
6	Петров Г.И.	4010	5600
7	Андреев В.В.	4000	6000
8	Чернов Д.Ю.	3500	3500

Какой запрос необходимо создать, чтобы повысить всем сотрудникам зарплату на 20%?

9. В таблицу базы данных «База канцтоваров», содержащую 4 столбца информации о товаре (наименование, поставщик, количество, цена), внесена информация о 40 видах товара. Какое количество записей будет в таблице?

## Глава 8. Моделирование

**Модель** — это материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе изучения замещает объект-оригинал, сохраняя некоторые важные для данного исследования типичные его черты.

Модель необходима для того, чтобы:

- понять, как устроен конкретный объект — каковы его структура, основные свойства, законы развития и взаимодействия с окружающим миром;
- научиться управлять объектом или процессом и определять наилучшие способы управления при заданных целях и критериях (оптимизация).

Процесс построения модели называется моделированием, другими словами, моделирование — это процесс изучения строения и свойств оригинала с помощью модели (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Пример моделирования кузова автомобиля с помощью специализированных программных средств

Построение информационной модели начинается с системного анализа объекта моделирования. Системный анализ — совокупность методов, используемых для обоснования решений по сложным проблемам. Эта совокупность включает не только формальные математические методы, но и эвристические, экспертные и эмпирические методы. Основными процедурами системного анализа являются декомпозиция и агрегирование.

**Агрегирование** — операция образования агрегата, т.е. разложение целого на части — структурное разбиение, а затем объединение частей в целое. Декомпозиция — разложение целого на части.

Моделирование бывает материальным и идеальным.

**Материальным** (физическим) принято называть моделирование, при котором реальному объекту противопоставляется его увеличенная или уменьшенная копия. Идеальное моделирование основано не на материальной аналогии объекта и модели, а на аналогии идеальной, мыслимой.

**Идеальное моделирование** бывает мысленным (интуитивным) и знаковым (в том числе математическим).

**Знаковое моделирование** – это моделирование, использующее в качестве моделей знаковые преобразования какого-либо вида: схемы, графики, чертежи, формулы, наборы символов (рис. 8.2).

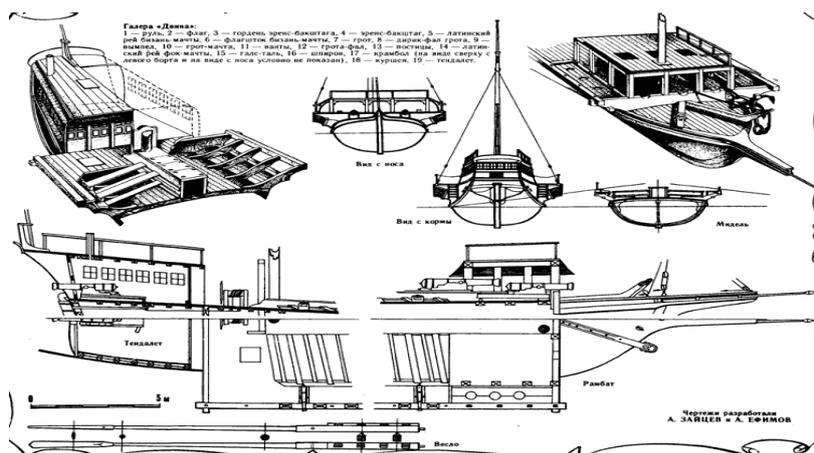


Рис. 8.2. Выполнение чертежа корабля — пример знакового моделирования

**Математическое моделирование** – это моделирование, при котором исследование объекта осуществляется посредством модели, сформулированной на языке математики (средствами математических формул).

Проведение исследований на реальном объекте с последующей обработкой результатов эксперимента называется **натурным моделированием**.

Виды натурного моделирования:

- производственный эксперимент;
- научный эксперимент;
- комплексные испытания.

Процесс моделирования состоит из нескольких этапов:

- постановка задачи;
- разработка модели, анализ и исследование задачи;
- компьютерный или физический эксперимент;
- анализ результатов моделирования.

Элементы процесса моделирования:

- субъект (исследователь);
- объект исследования;
- модель, определяющая отношения познающего субъекта и познаваемого объекта.

Признаки классификаций моделей:

- по области использования;
- по фактору времени;
- по отрасли знаний;
- по форме представления.

По области использования модели классифицируют на учебные, опытные, научно-технические и игровые модели. **Учебные модели** используются при обучении. Это могут быть наглядные пособия, различные тренажеры, обучающие программы. **Опытные модели** — это уменьшенные или увеличенные копии проектируемого объекта. Их используют для исследования и прогнозирования его будущих характеристик. **Научно-технические модели** создаются для исследования процессов и явлений. **Игровые модели** — это военные, экономические, спортивные, деловые игры. Эти модели как бы репетируют поведение объекта в различных ситуациях, проигрывая их с учетом возможной реакции со стороны конкурента, союзника или противника. С помощью игровых моделей можно оказывать психологическую помощь больным, разрешать конфликтные ситуации.

По фактору времени модели классифицируют на статические и динамические модели. **Статические модели** — модели, описывающие состояние системы в определенный момент времени (единовременный срез информации по данному объекту). **Динамические модели** — модели, описывающие процессы изменения и развития системы (изменения объекта во времени).

Модели по отрасли знаний:

- математические,
- биологические,
- химические,
- социальные,
- экономические,
- исторические и т.д.

Модели по форме предоставления классифицируют на табличные, иерархические и сетевые модели. В **табличных моделях** объекты и их свойства представлены в виде списка, а их значения размещаются в ячейках прямоугольной формы. Перечень однотипных объектов размещен в первом столбце (или строке), а значения их свойств размещаются в следующих столбцах (или строках). В **иерархических моделях** объекты распределены по уровням. Каждый элемент высокого уровня состоит из элементов нижнего уровня, а элемент нижнего уровня может входить в состав только одного элемента более высокого уровня. **Сетевые модели** применяют для отражения систем, в которых связи между элементами имеют сложную структуру.

Все многообразие способов моделирования, рассматриваемого теорией моделирования, можно условно разделить на группы:

- аналитическое моделирование;
- имитационное моделирование;
- эвристическое моделирование;

- эволюционное моделирование.

**Аналитическое моделирование** заключается в построении модели, основанной на описании поведения объекта или системы объектов в виде аналитических выражений — формул.

**Имитационное моделирование** предполагает построение модели с характеристиками, адекватными оригиналу, на основе какого-либо его физического или информационного принципа. При таком моделировании отсутствует общая аналитическая модель большой размерности, а объект представлен системой, состоящей из элементов, взаимодействующих между собой и с внешним миром.

**Эвристическое моделирование** — разновидность моделирования, заключающаяся в стремлении человека воспроизвести то, что однажды уже привело его случайно к успеху. Этот вид моделирования представляет собой механизм самообучения человека на собственном положительном опыте (рис. 8.3).



Рис. 8.3. Обучение катанию на самокате — пример эвристического моделирования

**Эволюционное моделирование** — направление в математическом моделировании, объединяющее компьютерные методы моделирования процессов эволюции (например, биологических), а также другие, близкие направления в математическом программировании, использующие эвристические методы и эволюционный принцип.

## Примеры решения задач

1. Дана последовательность 1, 3, 7, 15, 31, ... Какое число будет являться следующим элементом последовательности?

*Решение.* Исходная последовательность начинается с единицы. Каждый следующий элемент получается путем удвоения предыдущего и добавления к полученному числу единицы. Таким образом, следующим элементом последовательности является число  $31 \cdot 2 + 1 = 63$ .

2. Приведен фрагмент расписания движения поездов между четырьмя городами, где имеются вокзалы, от которых поезда отправляются ежедневно:

Вокзал отправления	Вокзал прибытия	Время отправления	Время прибытия
В	Б	15:44	20:31
А	Б	13:57	19:08
В	А	12:04	13:41
Б	В	14:27	13:59
Г	Б	16:27	13:14
В	Г	11:01	13:51
Г	А	10:29	13:47
Г	В	14:39	13:53
Б	Г	13:41	13:26
А	В	10:21	11:58

Турист оказался в 10:20 на вокзале города Г. Чему равно минимальное время в минутах, через которое он сможет попасть на вокзал Б?

*Решение.* Для установления времени, необходимого туристу для попадания на вокзал Б, требуется определить возможные пути попадания в данный пункт с вокзала Г. Наиболее выгодным вариантом является путь: Г → В → А → Б. Из Г в В (10:29—11:53), из А в Б (13:57—19:08). Данный путь туриста начинается в момент 10:20 и заканчивается в 19:08. Таким образом, минимальное время, через которое он может попасть с вокзала Г на вокзал Б, равно 528 минутам.

### Контрольные вопросы и задачи

1. На каком этапе осуществляется в процессе моделирования формирование представления о составляющих исходного объекта?
2. Что является знаковой моделью?
3. Что является материальной моделью?
4. В каких моделях используется поиск оптимального пути от входных данных к результату?
5. Какой графической моделью является недельный график изменения температуры?
6. Какими инструментами моделирования являются генетические алгоритмы и генетическое программирование?
7. Какое моделирование в целом можно трактовать в весьма общем, но вполне разумном смысле?
8. Как называется математическая модель, которая описывает поведение и свойства объекта только в отдельные моменты времени?
9. Какой моделью называют признак или величину, которые характеризуют какое-либо свойство объекта и могут принимать различные значения?
10. Как называется моделирование, заключающееся в стремлении человека воспроизвести то, что его однажды привело к случайному успеху?

11. Как называется процесс представления информации об объекте моделирования в какой-либо выбранной форме?

12. Что позволяет изучить использование модели «черный ящик»?

13. Какое моделирование может применяться для прогноза экономического развития?

14. Какой моделью является процесс абсолютно упругого столкновения двух тел, описываемый математической формулой?

15. Каким моделированием является проведение исследований на реальном объекте с последующей обработкой результатов эксперимента?

16. Что включает в себя процесс моделирования?

17. Дана последовательность 30, 27, 33, 24, 36, 21, 39, ... Какое число будет являться следующим элементом последовательности?

18. Дана последовательность: 30, 27, 33, 24, 36, 21, 39, ... Какое число будет являться следующим элементом последовательности?

19. Дана последовательность чисел: 4, 12, 20, 30, 36. Какое число является лишним в последовательности?

20. Магазин осуществляет доставку бытовой техники. Необходимо перевезти 32 холодильника и 35 стиральных машин. Возможны три варианта погрузки в грузовой автомобиль. Первый вариант — 0 холодильников и 13 стиральных машин; второй вариант — 6 холодильников и 4 стиральные машины; третий вариант — 8 холодильников и 1 стиральная машина. Чему равно минимальное количество рейсов грузового автомобиля для перевозки всей бытовой техники?

21. Дан протокол соревнования по конькобежному спорту:

Спортсмен	А	Б	В	Г
Старт				
Финиш	10:45	10:25	10:28	10:46
Место	4	1	2	3

Какому времени соответствует старт спортсменов?

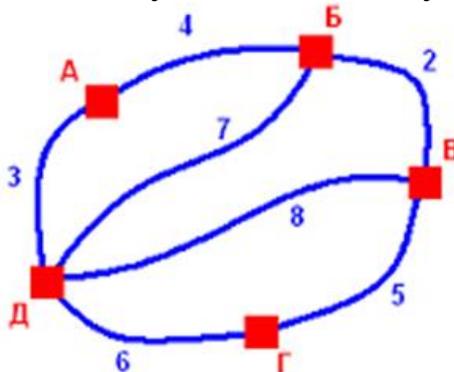
а)	Старт	10:15	10:10	10:05	10:20
б)	Старт	10:20	10:15	10:05	10:10
в)	Старт	10:05	10:10	10:15	10:20
г)	Старт	10:15	10:10	10:20	10:05

22. В соревнования по биатлону получен представленный таблицей протокол, в котором записано время старта и финиша спортсменов по секундомеру:

Спортсмен	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
Старт (мин: сек)	2:15	2:55	3:20	4:35	6:25	6:45	7:05	7:25
Финиш (мин: сек)	11:17	11:28	16:19	13:03	16:44	18:34	17:23	19:19
Место	7	6	1	8	5	2	4	3

После анализа протокола были найдены ошибки в распределении мест — количество спортсменов, у которых запись занятого места в протоколе отражена неверно. Сколько таких спортсменов?

23. Дана схема расстояний между населенными пунктами:



Какая таблица соответствует данной схеме?

а)		А	Б	В	Г	Д
	А		4	6		3
	Б	4		2		7
	В	6	2		5	8
	Г			5		6
	Д	3	7	8	6	

б)		А	Б	В	Г	Д
	А		4	9	7	3
	Б	4		2	8	7
	В	9	2		5	
	Г	7	8	5		6
	Д	3	7		6	

в)		А	Б	В	Г	Д
	А		4			3
	Б	4		2		7
	В		2		5	8
	Г			5		6
	Д	3	7	8	6	

г)		А	Б	В	Г	Д
	А		4	9		3
	Б	4		2		7
	В	9	2		5	
	Г			5		6
	Д	3	7		6	

## Глава 9. Алгоритмизация

**Алгоритм** — это заранее заданное понятное и точное предписание возможному исполнителю совершить определенную последовательность действий для получения решения задачи за конечное число шагов. Алгоритмы являются объектом систематического исследования пограничной между математикой и информатикой научной дисциплины, примыкающей к математической логике — теории алгоритмов. Алгоритмы обладают следующими свойствами:

- **дискретность** (разрывность — противоположно непрерывности) — это свойство алгоритма, характеризующее его структуру; каждый алгоритм состоит из отдельных законченных действий;

- **массовость** — применимость алгоритма ко всем задачам рассматриваемого типа, при любых исходных данных;

- **определенность** (детерминированность, точность) — свойство алгоритма, указывающее на то, что каждый шаг алгоритма должен быть строго определен и не допускать различных толкований; также строго должен быть определен порядок выполнения отдельных шагов;

- **результативность** — свойство, стоящее в том, что любой алгоритм должен завершаться за конечное (может быть очень большое) число шагов. Вопрос о рассмотрении бесконечных алгоритмов остается за рамками теории алгоритмов;

- **формальность** — это свойство указывает на то, что любой исполнитель, способный воспринимать и выполнять инструкции алгоритма действует формально, т.е. отвлекается от содержания поставленной задачи и лишь строго выполняет инструкции.

Человек и (или) техническое устройство (техническая, биологическая или биотехническая система), способные понимать язык, на котором прописан алгоритм, и выполнять действия, предписываемые алгоритмом, называется **исполнителем алгоритма**.

Существует несколько способов описания алгоритмов.

- **Алфавитное отображение** — всякое соответствие, сопоставляющее словам некоторого алфавита слова в другом алфавите. При этом первый алфавит называется входным, второй — выходным алфавитом данного оператора. Оператор — это наименьшая автономная часть языка программирования (команда или набор команд).

- **Словесное описание** представляет структуру алгоритма на естественном языке. Например, любой прибор бытовой техники имеет инструкцию по эксплуатации, т.е. словесное описание алгоритма, в соответствии с которым данный прибор должен использоваться.

- **Псевдокод** — описание структуры алгоритма на естественном, частично формализованном языке, позволяющее выявить основные этапы решения задачи, перед точной его записью на языке программирования. В псевдокоде используются некоторые формальные конструкции и общепринятая математическая символика.

- **Программа** — описание структуры алгоритма на языке алгоритмического программирования.

- **Блок-схема** — описание структуры алгоритма с помощью геометрических фигур с линиями-связями, показывающими порядок выполнения отдельных инструкций. Этот способ имеет ряд преимуществ: обеспечивает «читаемость», явно отображает порядок выполнения отдельных команд.

Выделяют три типа основных алгоритмических структур: линейные (рис. 9.1 а), разветвляющиеся (рис. 9.1 б) и циклические (рис. 9.1 в).

**Линейными** называются алгоритмы, в которых действия осуществляются последовательно друг за другом.

**Разветвляющимся** называется алгоритм, в котором действие выполняется по одной из возможных ветвей решения задачи, в зависимости от выполнения условий. В отличие от линейных алгоритмов, в которых команды выполняются

последовательно одна за другой, в разветвляющиеся алгоритмы входит условие, в зависимости от выполнения или невыполнения которого выполняется та или иная последовательность команд (действий). В качестве условия в разветвляющемся алгоритме может быть использовано любое понятное исполнителю утверждение, которое может соблюдаться (быть истинно) или не соблюдаться (быть ложно). Такое утверждение может быть выражено как словами, так и формулой. Таким образом, алгоритм ветвления состоит из условия и двух последовательностей команд.

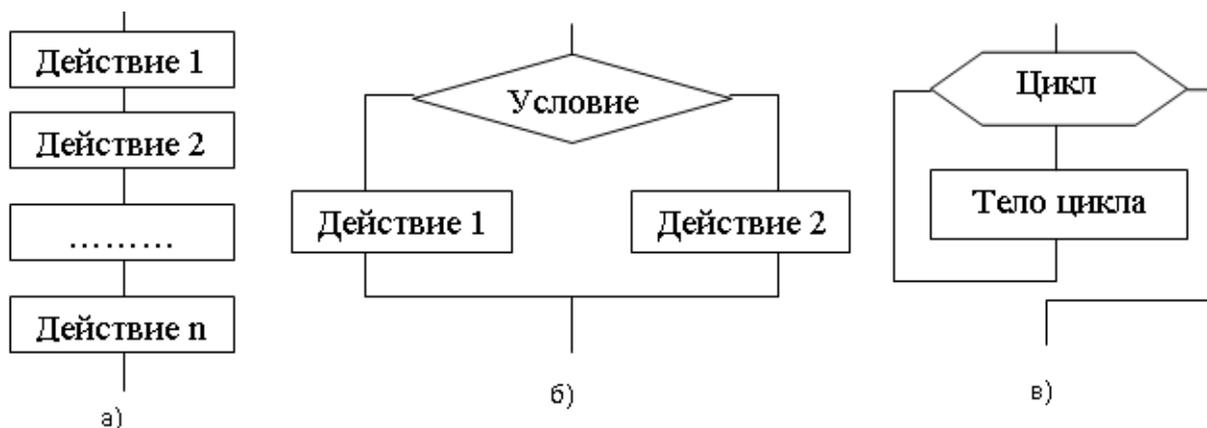


Рис. 9.1. Основные алгоритмические структуры:  
а) линейные, б) разветвляющиеся, в) циклические

**Циклическим** называется алгоритм, в котором некоторая часть операций (**тело цикла** — последовательность команд) выполняется многократно. Однако слово «многократно» не значит «до бесконечности». Организация циклов, никогда не приводящая к остановке в выполнении алгоритма, является нарушением требования его результативности — получения результата за конечное число шагов. В цикл входят в качестве базовых следующие структуры: блок проверки условия и блок, называемый телом цикла. Существует три типа циклических структур: цикл с предусловием (рис. 9.2 а), цикл с постусловием (рис. 9.2 б), цикл с параметром (рис. 9.2 в). Иначе данные структуры называют циклами типа «Пока», «До», «Для».

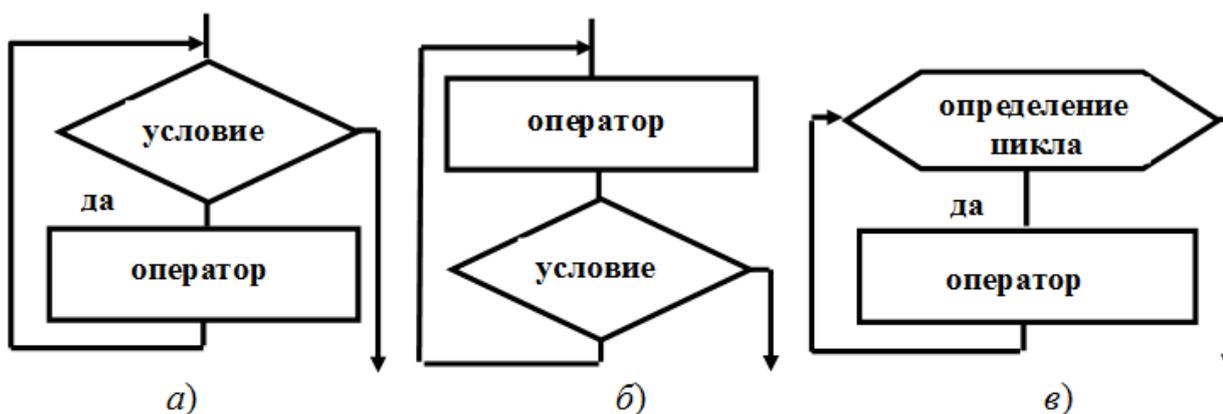


Рис. 9.2. Типы циклических структур:  
а) цикл с предусловием, б) цикл с постусловием, в) цикл с параметром

В циклической структуре с *предусловием* сначала проверяется значение условного выражения перед выполнением очередного шага цикла. Если значение условного выражения истинно, исполняется тело цикла. Далее управление вновь передается проверке условия и т.д. Эти действия повторяются до тех пор, пока условное выражение не примет значение ЛОЖЬ. При первом же несоблюдении условия цикл завершается. Если тело цикла расположено после проверки условий, то может случиться, что при определенных условиях тело цикла не выполнится ни разу.

В отличие от цикла с предусловием, тело цикла с *постусловием* всегда будет выполнено хотя бы один раз, после чего проверяется условие. В этой конструкции тело цикла будет выполняться до тех пор, пока значение условного выражения ложно. Как только оно становится истинным, выполнение команды прекращается.

**Цикл с параметром** (цикл с известным числом повторений) — это цикл, в котором тело цикла будет повторяться заданное число раз.

## Примеры решения задач

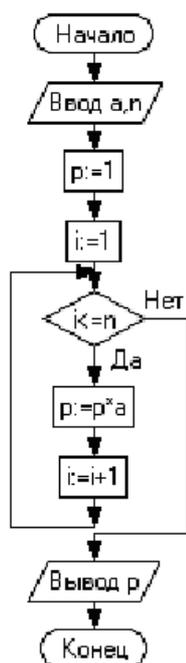
1. Какое конечное значение примет переменная  $Y$  после выполнения последовательности действий:

$$Y := 5$$

$$X := 2$$

$$Y := (Y - 2 \cdot X) : 2 + X?$$

*Решение.* Приоритет выполнения арифметических операций следующий: действия в скобках, вычисление функций, умножение, деление, DIV, MOD, сложение, вычитание. В соответствии с этим конечное значение переменной  $Y$  будет равно:  $(5 - 2 \cdot 2) : 2 + 2 = (5 - 4) : 2 + 2 = 0,5 + 2 = 2,5$ .



2. Алгоритм задан схемой

Чему будет равно значение переменной  $p$  в результате выполнения алгоритма при исходных данных  $a = 2, n = 8$ ?

*Решение.* Данный алгоритм содержит цикл с предусловием. В результате выполнения алгоритма выводится значение  $a$  в степени  $n$ . На первом шаге вводятся значения переменных  $a = 2, n = 8$ . На следующем шаге присваиваются значения переменным  $p = 1, i = 1$ , где  $p$  — произведение  $n$  сомножителей  $\leq a$ . Далее выполняется цикл с предусловием, в котором «накапливается» произведение  $p$ . Данные команды будут выполняться 8 раз при значениях параметра цикла  $i$  от 1 до  $n = 8$  с шагом 1, т.е. пока выполняется условие  $i \leq n$ . Итерации цикла будут иметь следующий вид:

№ итерации	Значение $p$ ( $p = p \cdot a$ )	Значение параметра $i$
1	$1 \cdot 2 = 2$	$1 + 1 = 2$

2	$2 \cdot 2 = 4$	$2 + 1 = 3$
3	$4 \cdot 2 = 8$	$3 + 1 = 4$
4	$8 \cdot 2 = 16$	$4 + 1 = 5$
5	$16 \cdot 2 = 32$	$5 + 1 = 6$
6	$32 \cdot 2 = 64$	$6 + 1 = 7$
7	$64 \cdot 2 = 128$	$7 + 1 = 8$
8	$128 \cdot 2 = 256$	$8 + 1 = 9$

На последнем шаге выполняется вывод значения переменной  $p$ . Итак, в результате выполнения алгоритма переменная  $p$  примет значение, равное 256.

3. Имеются операторы:

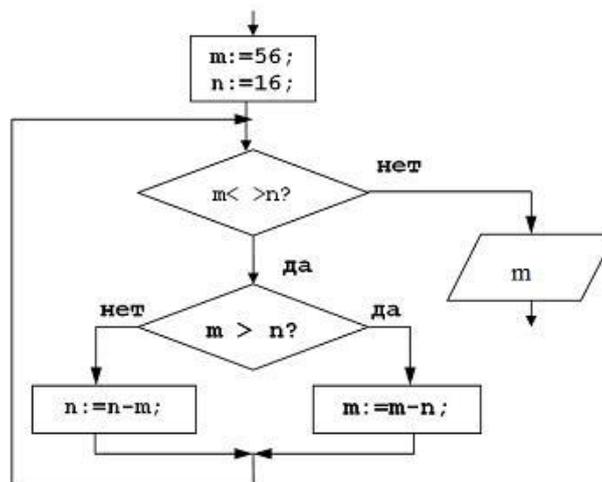
```
A:=5;
if A>4 then
begin
A:=A+1;
A:=A+A;
end;
A:=A+20;
```

Здесь:  $:=$  — оператор присваивания,  $;$  — конец оператора, if — оператор ЕСЛИ, then — ТО, begin и end — группировка операторов для их совместного выполнения или невыполнения. Какое значение в переменной  $A$  будет после их выполнения?

*Решение.* Первый оператор  $A:=5;$  помещает в переменную  $A$  значение 5. Условие  $A>4$  истинно, поэтому далее выполняется блок операторов begin  $A:=A+1;$   $A:=A+A;$  end;, который сначала увеличит  $A$  на 1, затем удвоит его (в переменной  $A$  будет значение 12). Оператор  $A:=A+20;$  отношения к оператору if не имеет, выполнится в любом случае. В переменной  $A$  будет значение, равное 32.

## Контрольные вопросы и задачи

1. Чему равно значение  $m$  в результате выполнения алгоритма?



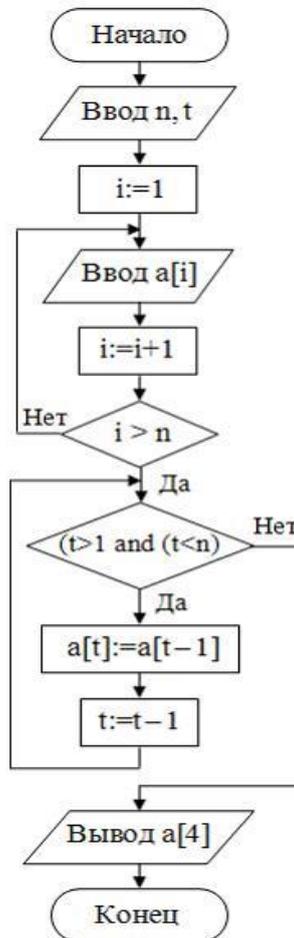
Здесь: символ  $< >$  означает «не равно».

2. Какое значение примет переменная  $A$  после выполнения операторов?

```
A := 7;  
if A > 2 then  
  if A < 5 then  
    A := A + 1  
  else  
    A := A + 3;  
    A := A + A;
```

Здесь:  $:=$  — присваивание,  $;$  — конец оператора, if — ЕСЛИ, then — ТО, else — ИНАЧЕ.

3. Чему будет равно значение элемента массива  $a_4$  в результате выполнения алгоритма при  $n = 10$ ,  $t = 6$  и значениях элементов одномерного массива  $a = (14; -8; 11; 4; -17; 22; -10; 13; -26; -18)$ ?

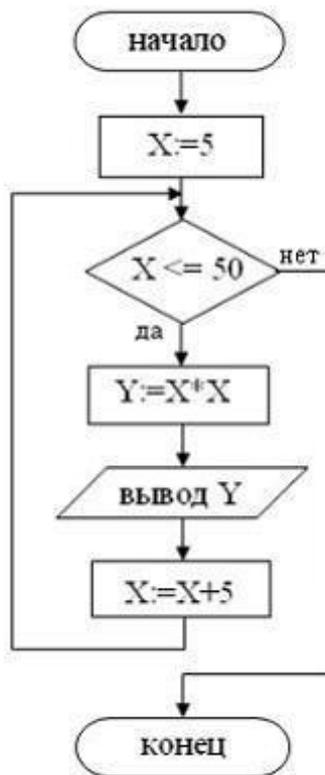


4. Какое значение примет переменная  $A$  после операторов?

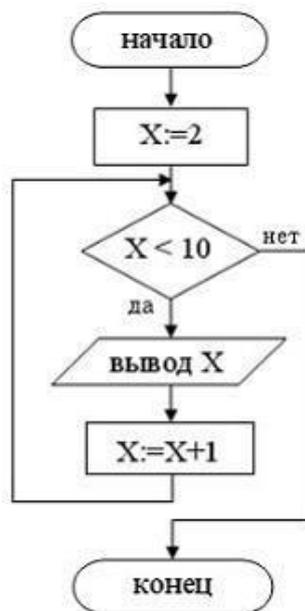
```
A := 3;  
if A > 2 then  
  if A < 5 then  
    A := A + 1;  
  A := A + A;
```

Здесь:  $:=$  — присваивание,  $;$  — конец оператора, if — ЕСЛИ, then — ТО.

5. Каким станет окончательное значение переменной  $Y$  в результате выполнения алгоритма?



6. Сколько раз будет выведено значение переменной  $X$  в результате выполнения алгоритма?



## Часть II. На пороге пятого поколения вычислительной техники

### Глава 10. Кодирование данных в ЭВМ. Кодирование информации с помощью магнитных спинов

Современные электронные логические элементы работают в двоичном коде и используют в работе заряд электрона. Так, например, в классическом полевом транзисторе открытому состоянию отвечает логический «0», закрытому — «1». На каждое изменение логического состояния транзистора затрачивается электрическая энергия, которая, в конечном счете, трансформируется в тепловую энергию, разогревающую транзистор. Чем выше тактовая частота микропроцессора и чем выше число транзисторов в нем, тем выше рассеиваемая мощность. Р. Ландауэр из общих термодинамических соображений показал, что для классических полевых транзисторов наименьшая величина рассеиваемой мощности на один бит  $E_{\text{бит}} = k_B T \ln 2 = 17 \text{ мЭВ}$  ( $k_B$  — постоянная Больцмана,  $T$  — температура). В самом деле, любое изменение состояния, соответствующего логическому «0» или «1», связано с упорядочением системы, т.е. с уменьшением энтропии. Известно, что уменьшение энтропии может быть произведено только при совершении работы над системой, т.е. при затратах энергии. Учитывая, что система может находиться в двух состояниях, легко получить формулу, написанную выше. Принцип Ландауэра является естественным ограничением производительности микропроцессоров (порядка 10 ГГц) до критической величины тепловой мощности, «отводить» которую становится невозможно. По некоторым прогнозам эти критические значения будут достигнуты к 2020 г., а размер отдельного транзистора составит  $\sim 10 \text{ нм}$  (рис. 10.1).

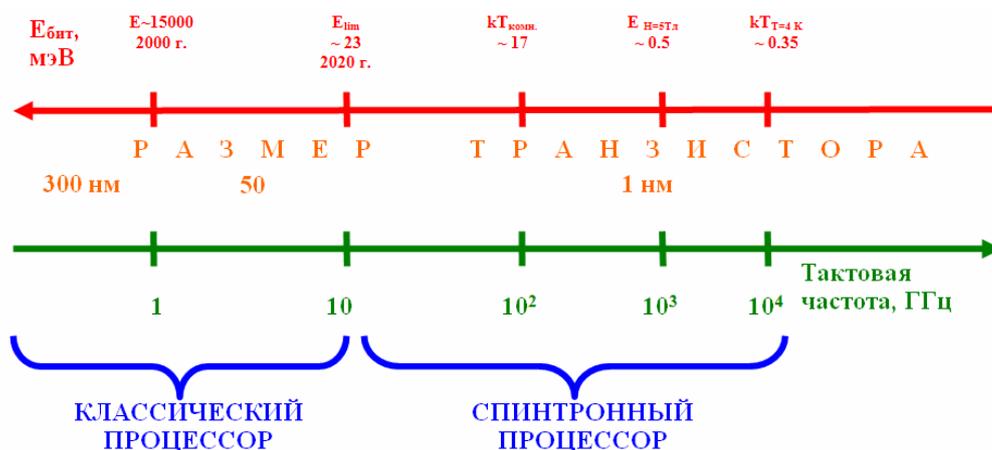


Рис. 10.1. Рост тактовой частоты классических и спиновых процессоров

Ч. Беннет показал, что нулевая выделяемая энергии возможна только при использовании обратимых вычислениях, т.е. без потерь информации, когда по информации на «выходе» можно сказать об информации на «входе». Положим,

на «выходе» мы имеем некоторую сумму  $C$ . По ней мы никогда не сможем узнать, какие слагаемые  $A$  и  $B$  были на «входе». Обратимые вычисления на «выходе» дают сумму  $C$  и одно из слагаемых, например  $A$ . В этом случае вычисления идут без потери информации, так как по результату можно всегда сказать о начальных данных. Технологической реализацией таких вычислений являются, например, кодирование информации магнитными спинами. В спиновом процессоре логическому «0» и «1» отвечают спины, ориентированные «вверх» и «вниз», а скорость работы такого устройства будет определяться частотой «переворотов» спинов из одного состояния в другое. Внедрение спиновых логических устройств с пониженной рассеивающей мощностью позволит на несколько порядков снизить энергопотребление электроники.

**Спин** — это собственный магнитный момент электрона. Попытки использования спина в новых устройствах обработки и передачи информации с расширенной функциональностью привело к появлению нового направления в науке и технике — **спинтронике**.

Заметим, что в настоящее время в основном спин электрона используется лишь для хранения данных в магнитной памяти. Спин электрон может иметь два устойчивых квантовых состояния — «спин вверх» и «спин вниз». Обычный электрический ток  $J_C$  является упорядоченным потоком электронов с одинаковыми концентрациями частиц со спинами вверх и вниз (рис. 10.2а). То есть электрический ток есть процесс переноса заряда без переноса спина. Упрощенно его можно представить как два потока частиц со спинами вверх  $J_\uparrow$  и вниз  $J_\downarrow$ , одинаковыми по величине  $J_\uparrow = J_\downarrow$  и направленными в одну сторону (рис. 10.2а).

Если ток пропустить через **ферромагнетик** — вещество, обладающее собственной намагниченностью в отсутствие внешнего магнитного поля, то он станет спин-поляризованным (рис. 10.2б). Это означает, что концентрация частиц в потоке со спином вверх станет больше, чем концентрация частиц со спинами вниз (или наоборот в зависимости от направления намагниченности ферромагнетика) (рис. 10.2б).

**Спин-поляризованный ток** можно представить, как два потока частиц со спинами вверх  $J_\uparrow$  и вниз  $J_\downarrow$  направленными в одну сторону, но неодинаковыми по величине  $J_\uparrow > J_\downarrow$  (рис. 10.2б). Если после ферромагнетика спин-поляризованный ток пропустить через обычный немагнитный металл, то в нем электроны какое-то время будут сохранять направление спина, заданное ферромагнетиком, и баланс между количеством частиц со спинами вверх и вниз сохранится. Если теперь спин-поляризованный ток пропустить через второй ферромагнетик, то направлением намагниченности его можно легко управлять без внешних магнитных полей, меняя направление спиновой поляризации при помощи первого ферромагнетика. Этот механизм может быть основой работы различных приборов спинтроники. Основная трудность здесь в том, что для переключения намагниченности одного из ферромагнитных электродов необходимы высокие плотности спин-поляризованного тока. Понятно, что перенос спина спин-поляризованным током сопровождается переносом заряда, и как следствие выделением джоулева тепла, которое прямо зависит от плотности то-

ка. В настоящее время величина плотности спин-поляризованного тока, необходимая для переключения намагниченности электродов, не позволяет создать коммерческие спинтронные приборы по причине их сильного нагрева. Блестящим исключением является попытка использования спин-поляризованного тока в магниторезистивной памяти. Решением проблемы может являться разделение переноса спина и переноса заряда (рис. 10.2в). Другими словами необходимо создать источник чисто спинового тока  $J_S$  — «спиновую батарейку».

**Спиновый ток**  $J_S$  можно представить, как два потока частиц со спинами вверх  $J_\uparrow$  и вниз  $J_\downarrow$  направленными навстречу друг другу и одинаковыми по величине  $J_\uparrow = J_\downarrow$  (рис. 10.2в). В этом случае переноса заряда не происходит. Отметим, что спин-поляризованный ток является «суммой» обычного электрического  $J_C$  и чисто спинового тока  $J_S$  (рис. 10.2б).

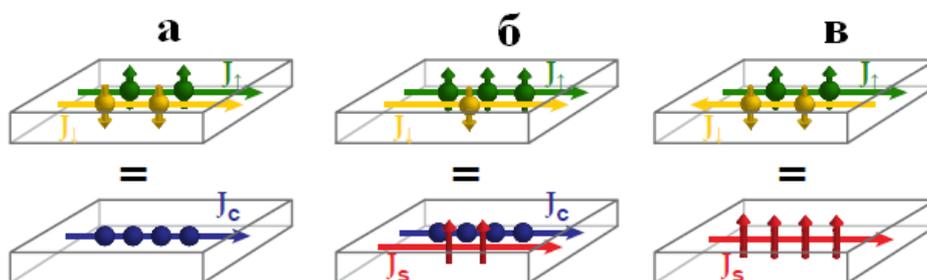


Рис. 10.2. Виды токов:

- а) обычный электрический ток  $J_C$  (токи частиц со спинами вверх  $J_\uparrow$  и вниз  $J_\downarrow$  одинаковы по величине  $J_\uparrow = J_\downarrow$  и направлены в одну сторону); б) спин-поляризованный ток (токи частиц со спинами вверх  $J_\uparrow$  и вниз  $J_\downarrow$  направлены в одну сторону, но неодинаковы по величине  $J_\uparrow > J_\downarrow$ ); в) спиновый ток (токи частиц со спинами вверх  $J_\uparrow$  и вниз  $J_\downarrow$  направлены навстречу друг другу и одинаковы по величине  $J_\uparrow = J_\downarrow$ )

Отсутствие переноса заряда спиновым током значительно расширит возможности спинтроники, в частности позволит использовать для создания спинтронных приборов диэлектрики. В идеале спиновый ток, не сопровождаемый переносом заряда, может быть полностью бездиссипативным из-за того, что он в отличие от обычного тока инвариантен относительно обращения времени.

## Контрольные вопросы

1. Какова сущность кодирования информации магнитными спинами?
2. Что такое «спинтроника»? В чем ее отличие и преимущества по сравнению с электроникой?
3. В чем состоит принцип Р. Ландауэра?
4. Что такое «обратимые вычисления»?
5. Как соотносятся между собой понятия электрического тока, спин-поляризованного тока и спинового тока?

## Глава 11. Хранение данных в ЭВМ. Спинтронные запоминающие устройства

---

Современные носители информации, осаждавшиеся выше, пройдя путь от перфокарт и перфолент до жестких дисков (флэш-памяти и Blu-Ray дисков) с плотностью записи превышающей  $10^{10}$  бит/см<sup>2</sup>, уже не поражают воображения пользователей. Требования, предъявляемые к размеру, потребляемой энергии, скорости работы устройств хранения информации, стремительно растут. Это ставит задачу поиска и внедрения в технику альтернативных материалов и структур, работающих на неклассических принципах. Несмотря на то что магнитной памяти уже более 100 лет, она по-прежнему обладает рядом преимуществ (надежность записи, низкая стоимость увеличения емкости и т.д.) перед другими более современными видами памяти.

При этом естественно, что магнитный способ хранения информации, как и любой другой, обладает своими недостатками. Прежде всего, это ограничение емкости магнитного диска, ограничение на время доступа и точность позиционирования механических систем магнитного диска. Дальнейшее усовершенствование магнитной памяти связано с уменьшением размеров одного бита и устранение механических систем позиционирования.

К революционным достижениям в этой области можно отнести создание памяти, работающей на магниторезистивном эффекте (Magnetoresistive Random-Access Memory — MRAM). *Магниторезистивный эффект* заключается в изменении электрического сопротивления материала в магнитном поле. Этот эффект был обнаружен в 1856 г. Уильямом Томпсоном (лордом Кельвином) в железе. В той или иной мере магнитосопротивлением обладают все материалы, а величина эффекта составляет сотые доли процента. Однако для практического использования изменение сопротивления должно быть «гигантским». За открытие эффекта *гигантского магнитосопротивления* в мультислойных структурах, используемого в настоящее время в магнитной памяти, в 2007 г. П. Грюнбергу (Германия) и А. Ферту (Франция) присуждена Нобелевская премия по физике.

В **MRAM** каждый бит памяти представляет собой мультислойную структуру размером в несколько нанометров, имеющую два ферромагнитных слоя, разделенных тонким слоем диэлектрика (рис. 11.1). Направление намагниченности одного из слоев всегда остается фиксированным, а направление намагниченности другого слоя изменяется под действием внешнего магнитного поля. Из-за эффекта гигантского магнитосопротивления электрическое сопротивление мультислойной структуры зависит от взаимной ориентации намагниченностей в слоях. Одинаковая ориентация намагниченности в слоях элемента, соответствующая низкому электрическому состоянию, интерпретируется как «0». Разнонаправленная ориентация, характеризующаяся высоким электрическим сопротивлением, — как «1».

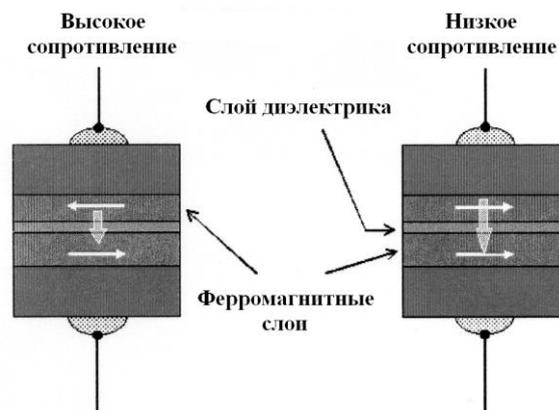


Рис. 11.1. Схема мультислойного элемента MRAM

Элементы MRAM расположены в виде квадратной сетки (рис. 11.2).

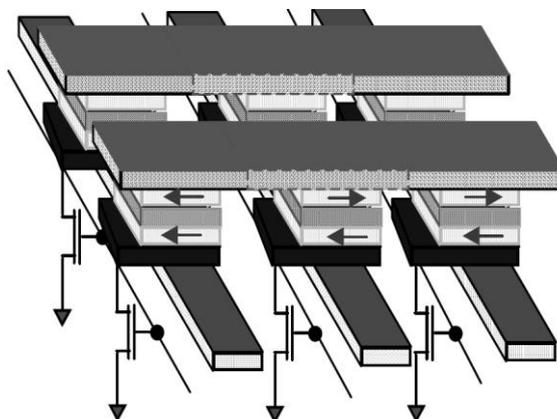


Рис. 11.2. Схема модуля MRAM

Данные записываются путем пропускания тока через проводящие линии, расположенные выше и ниже этих элементов (рис. 11.3).

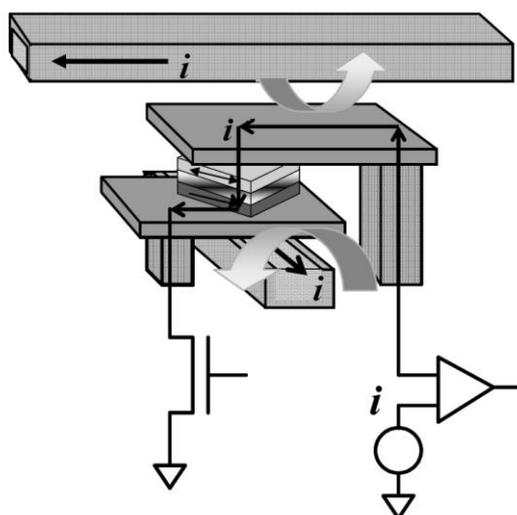


Рис. 11.3. Схема отдельной запоминающей ячейки MRAM

Эти линии называют, соответственно, разрядными и числовыми шинами. Ток, протекающий по плоскому проводнику, создает магнитное поле, направ-

ленное в плоскости проводника перпендикулярно направлению тока. Чтобы перемагнитить ферромагнитный слой мультислойного элемента, отвечающий одному биту, недостаточно величины электрического тока в одной из управляющих шин. Лишь одновременное воздействие магнитного поля от обеих шин приводит к перемагничиванию. Таким образом, одновременное использование двух управляющих шин позволяет направлять запись информации в определенную область, обходясь без механически движущихся частей и устройств позиционирования. Считывание информации в MRAM основано на эффекте гигантского магнитосопротивления. К считывающим шинам прикладывается разность потенциалов. Если направление намагниченности управляемого ферромагнитного слоя совпадает с направлением намагниченности фиксированного ферромагнитного слоя, то электрический ток течет. Если направление намагниченности управляемого слоя противоположно намагниченности фиксированного слоя ферромагнетика, то ток отсутствует. Таким образом, регистрируя электрический ток, можно считывать биты информации. MRAM является энергонезависимой памятью (записанная информация не стирается при снятии электропитания) с высокой скоростью записи/считывания. Определенные требования предъявляются к записывающей среде, которая в лучшем варианте должна представлять собой независимые, геометрически разделенные биты памяти.

В качестве отдельных битов в MRAM в перспективе можно использовать массивы упорядоченных наноструктур разбавленных магнитных полупроводников Ge:Mn, Ge:Co и др. Анизотропия формы нанопроволок (большое значение отношения длины к диаметру) снимает проблему перехода в суперпарамагнитное состояние, приводящее к потере намагниченности, т.е. записанной информации.

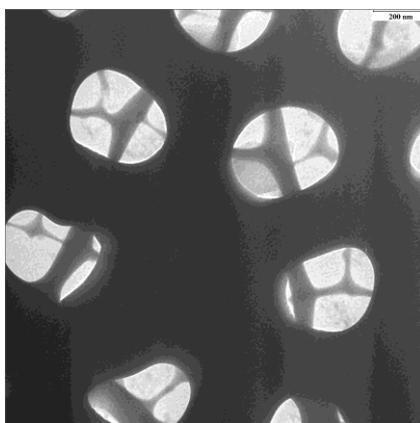
**Суперпарамагнетизм** — это форма магнетизма, проявляющаяся у ферромагнитных частиц. Если такие частицы малы, то они переходят в однодоменное состояние, т.е. становятся равномерно намагниченными по всему объему. Магнитный момент таких частиц может случайным образом менять направление под влиянием температуры, и при отсутствии внешнего магнитного поля средняя намагниченность суперпарамагнитных частиц равна нулю. То есть при уменьшении размеров частиц энергия магнитной анизотропии, стремящейся выстроить вектор намагниченности вдоль оси легкого намагничивания, становится меньше энергии термических флуктуаций, отклоняющих вектор намагниченности от направления вдоль легкой оси.

**Термические флуктуации** — это случайные отклонения наблюдаемых физических величин (в рассматриваемом случае — намагниченности) от их средних значений в результате хаотического теплового движения образующих систему атомов.

**Однодоменное состояние** — состояние ферромагнитных частиц малых размеров, в которых образование магнитной доменной структуры невыгодно энергетически. Магнитная доменная структура — совокупность областей (доменов) ферромагнитного вещества, отличающихся направлением намагниченности.

**Магнитная анизотропия** — зависимость магнитных свойств (намагниченности) от выделенного направления в магнетике. В отсутствие внешнего магнитного поля вектор спонтанной намагниченности внутри домена направлен по оси, называемой **осью легкого намагничивания**. Соответственно, другие направления называются **осями трудного намагничивания**.

В настоящее время в качестве подложки для приготовления нанопроволок предложены: пленки анодированного оксида алюминия (рис. 11.4), поликарбонатные мембраны, нанопористые стекла и др. Мезопористые материалы должны иметь упорядоченные нанопоры с легко регулируемой и надежно воспроизводимой геометрией. **Мезопористый материал** — это пористый материал, структура которого характеризуется наличием полостей или каналов с диаметром в интервале 2—50 нм (**нанопор**). Напомним, что 1 нанометр равен одной миллиардной части метра,  $10^{-9}$  м.



**Рис. 11.4.** Изображение мембраны анодированного оксида алюминия с порами диаметром 200 нм, полученное на просвечивающем электронном микроскопе

Однако достичь этого удастся далеко не всегда. Потенциальные проблемы, с которыми сталкиваются при приготовлении массивов упорядоченных нанопроволок элементарных полупроводников, отражены на рис. 11.5. Для приготовления нанопроволок подходят исключительно монокристаллические подложки без трещин и сколов. В противном случае на межзеренных границах поликристаллической подложки происходит нарушение периодичности нанопор. С этой же проблемой сталкиваются при использовании недостаточно чистых подложек. Большое внимание следует уделять состоянию поверхности. Шероховатости могут провоцировать рост нанопор в продольном направлении подложки. Разнородные поверхности подложки с нанопорами и нанопроволок должны иметь высокую адгезию, позволяющую фиксировать нанопроволоки внутри нанопор силами поверхностного сцепления.

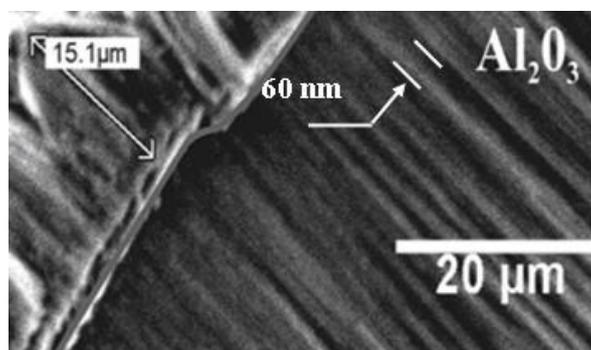
**Адгезия** — сцепление поверхностей разнородных тел, обусловленная межмолекулярными взаимодействиями, — представляет собой крайне сложное явление, поэтому подбор подложек с высокой адгезией к поверхности элементарных полупроводников происходит методом «проб и ошибок».



*Рис. 11.5. Схема мезопористой тонкой пленки анодированного оксида алюминия. Стрелками обозначены дефекты структуры пленки*

В настоящее время наиболее подходящим материалом для подложки является анодированный оксид высокочистого алюминия с гексагональным расположением нанопор на поверхности. Контроль условий анодирования (электролит, время, напряжение и ток анодирования) позволяет в широких пределах варьировать диаметр пор, расстояние между порами и толщину пленки. Число пор можно доводить до  $10^{14}$  штук/см<sup>2</sup>. Уникальная структура пор с узким распределением по размерам, высокая устойчивость к внешним воздействиям делает мембраны анодированного оксида алюминия привлекательным материалом для выращивания массивов упорядоченных нанопроволок. Кроме того, анодированный оксид алюминия имеет высокую диэлектрическую проницаемость, что открывает новые возможности подавления так называемых короткоканальных эффектов (туннелирование электронов и электрический пробой). Мембраны анодированного оксида алюминия с порами, заполненными магниторезистивным материалом, есть прообраз устройства магниторезистивной памяти нового поколения, соответственно, с легко регулируемой и надежно воспроизводимой архитектурой битов.

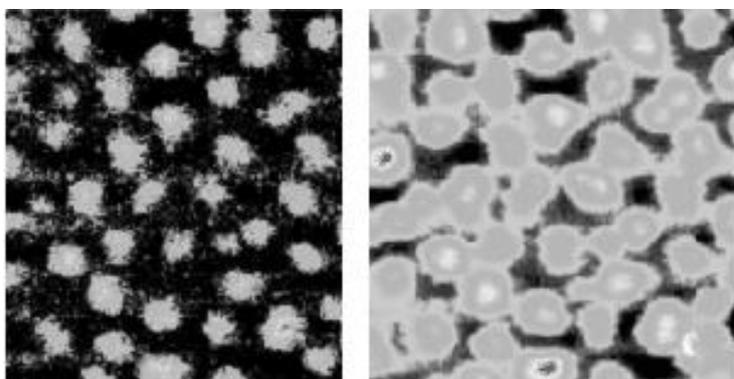
В порах анодированного оксида алюминия методом сверхкритической жидкости синтезированы упорядоченные массивы нанопроволок германия, легированного переходными металлами Ge:Mn, Ge:Co и др. (рис. 11.6).



*Рис. 11.6. Изображение мембраны анодированного оксида алюминия с нанопроволоками Ge:Cr: справа — упорядоченный массив нанопроволок в порах мембраны, слева — нанопроволоки, выступающие из поверхности частично растворенной мембраны*

Этот метод приготовления нанопроволок имеет несколько преимуществ перед другими методами. Во-первых, процесс выращивания нанопроволок протекает всего 15—30 минут, в то время как синтез другими методами может протекать несколько дней. Во-вторых, среда, находящаяся в сверхкритическом состоянии, имеет низкую вязкость, что обеспечивает высокий коэффициент диффузии молекул реагентов, и, как следствие, их легкое проникновение в нанопоры среды для выращивания нанопроволок. В качестве сверхкритической жидкости был выбран углекислый газ, так как он не токсичен и не горюч, в отличие от большинства органических растворителей.

Удалось измерить значение удельного электрического сопротивления нанопроволок на постоянном токе. Эксперименты были осуществлены в двух вариантах. В первом варианте были проведены макроконтатные измерения для больших групп нанопроволок. Для создания омических контактов пластинки, содержащие вертикально выстроенные нанопроволоки, полировали алмазной пастой до тех пор, пока выступающие нанопроволоки не удалось наблюдать с помощью атомного силового микроскопа. Затем с торцов нанопроволок бомбардировкой ионами аргона снимали окисленный слой. После этого методом химического осаждения на обе поверхности пластинки наносили золотые контакты. Во втором варианте удалось подключить контакт к отдельным нанопроволокам и исследовать их электрическую проводимость. Это оказалось возможным с помощью атомного силового микроскопа, снабженного приставкой для измерения электрической проводимости (рис. 11.7).



**Рис. 11.7. Токовая карта поверхности мембраны анодированного оксида алюминия с ансамблем упорядоченных нанопроволок, полученная на атомно-силовом микроскопе при напряжениях 20 В (слева) и 40 В (справа). Светлые области соответствуют проводящим нанопроволокам, темные — диэлектрической мембране**

Оба метода (макроконтатное подсоединение и измерение проводимости отдельных нанопроволок) дали близкие величины проводимости и вольтамперные характеристики, указывающие на наличие омических контактов. Измерение полевых зависимостей магнитного момента нанопроволок обнаруживает гистерезис при комнатной температуре, что указывает на ферромагнитное упорядочение в них. Исследование высокочастотных магнитных и электрических свойств разбавленного магнитного полупроводника Ge:Mn обнаруживает зави-

симось электрической проводимости от намагниченности, что может быть использовано в MRAM. Синергизм магнетизма и электронно-транспортных свойств, выражающийся в виде микроволнового магнитосопротивления в нанопленках и нанопроволках разбавленных магнитных полупроводников на основе германия, легированного переходными металлами, является фундаментальной основой для использования этих материалов в вычислительной технике. Разработаны простые и не требующие больших затрат методы приготовления массивов магниторезистивных нанопроволок в мембранах анодированного оксида алюминия, являющихся прототипом энергонезависимой магниторезистивной оперативной памяти со сверхвысокой плотностью хранения информации (1 бит на одну нанопроволоку).

### Контрольные вопросы

1. В чем сущность принципа работы магниторезистивной оперативной памяти?
2. Из каких слоев состоят мультислойные структуры магниторезистивной оперативной памяти?
3. Что соответствует отдельным битам магниторезистивной оперативной памяти?
4. В чем состоит эффект гигантского магнетосопротивления? Кто его открыл?

## Глава 12. Алгебра логики. Спинтронные логические схемы

В настоящее время развиваются новые физические принципы построения и функционирования логических элементов, которые получили название наноманитная логика. Наноманитная логики — одно из ключевых направлений спинтроники. Принцип обработки информации в *наноманитных логических устройствах* состоит в манипулировании намагниченностью отдельных магнитных наночастиц, находящихся в однодоменном состоянии (рис. 12.1).

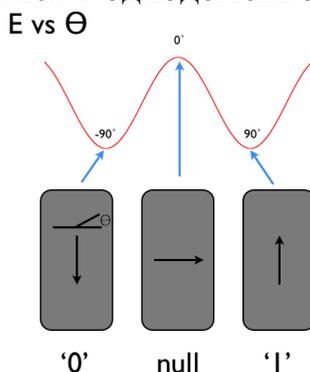


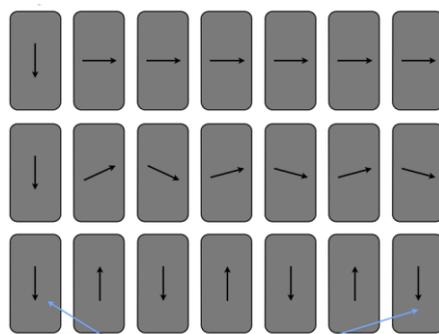
Рис. 12.1. Схема кодирования информации в однодоменных наночастицах

В сочетании с диполь-дипольным взаимодействием между отдельными наночастицами появляется возможность выполнять различные логические операции (НЕ, И, ИЛИ и т.д.).

**Диполь-дипольное взаимодействие** — взаимодействие между магнитами (магнитными диполями). Каждый магнит создает в окружающем пространстве магнитное поле, воздействующее на другой магнит.

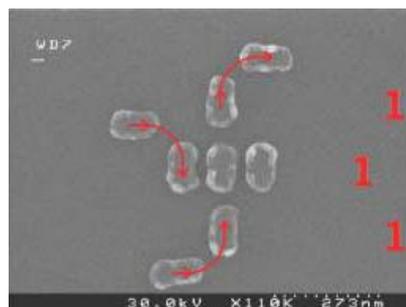
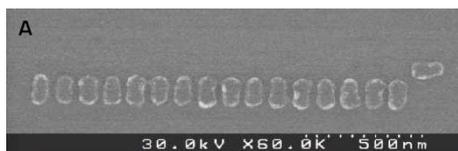
В однодоменном состоянии наночастицы имеют одноосную магнитную анизотропию, что делает их бистабильной системой, пригодной для двоичного кодирования информации: намагниченности «вниз» соответствует логический «0», намагниченности «вверх» — «1» (рис. 12.1). Эти два состояния отделены энергетическим барьером, высотой равной энергии магнитной анизотропии.

На рис. 12.2 приведена схема преобразования информации в простейшей одномерной цепочке однодоменных наночастиц. На «входе» магнитной цепи имеется наночастица с фиксированным направлением намагниченности (с высокой энергией магнитной анизотропии). Магнитная анизотропия наночастиц следующих за ней ниже. Приложение внешнего магнитного поля ориентирует магнитные моменты слабо анизотропных наночастиц вдоль осей трудного намагничивания, оставляя направление магнитного момента наночастицы на «входе» неизменным. После отключения магнитного поля термические флуктуации возвращают магнитные моменты слабо анизотропных частиц в цепочке к прежнему направлению — вдоль осей легкого намагничивания. Конкретное направление — «вверх» («1») или «вниз» («0»), которое будут принимать магнитные моменты, регулируется диполь-дипольным взаимодействием. В рассматриваемой схеме они будут располагаться антипараллельно, начиная от частицы на «входе». Таким образом, направление намагниченности наночастицы на «выходе» (а значит и логическое состояние) является функцией состояния входного наномангнетика.



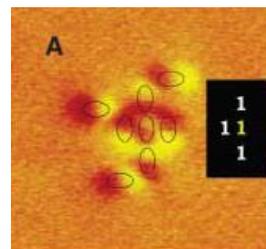
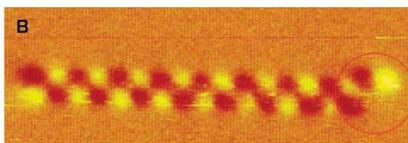
**Рис. 12.2. Схема преобразования информации в простейшей одномерной цепочке однодоменных наночастиц**

В настоящее время в экспериментах используют не только линейные магнитные цепочки наночастиц (рис. 12.3), но и структуры с более сложной геометрией (рис. 12.3 справа).



**Рис. 12.3. Микрофотографии, полученные на сканирующем электронном микроскопе, наноманнитных логических структур.** Слева — цепочка из 16 наночастиц пермаллоя (размер  $70 \times 135 \times 30$  нм). Справа — усложненная нанологическая схема, предназначенная для тестирования логических комбинаций с обозначением битных состояний (красные цифры)

Центральным вопросом наноманнитной логики остается вопрос считывания битного состояния в рассматриваемых устройствах. На сегодня самым распространенным способом является получение контрастного «магнитного» изображения на магнитосиловом микроскопе (рис. 12.4).



**Рис. 12.4. Микрофотографии, полученные на магнитосиловом микроскопе, нанологических структур пермаллоя**

### Контрольные вопросы

1. Что называют наноманнитной логикой?
2. Что является базовыми элементами наноманнитной логики?
3. Каковы физические принципы функционирования наноманнитных логических элементов?