

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет» (ПГУ)

К. М. Буданов, А. Е. Хохлов

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Допущено редакционно-издательским советом
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
в качестве учебного пособия для обучающихся
высших учебных заведений по направлению подготовки
09.03.03 «Прикладная информатика»,
профили «Прикладная информатика в экономике»
и «Цифровой маркетинг и рыночная аналитика»,
по дисциплине «Основы компьютерной обработки информации»

Пенза
Издательство ПГУ
2025

УДК 004 (075.8)

Б90

Р е ц е н з е н т ы :

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Компьютерные технологии»
Пензенского государственного университета
В. И. Горбаченко;

генеральный директор ООО «Проф-ИТ» (г. Пенза)
С. А. Иванцов

Буданов, Константин Михайлович.

Б90 Теоретические основы информационных процессов :
учеб. пособие / К. М. Буданов, А. Е. Хохлов. – Пенза :
Изд-во ПГУ, 2025. – 122 с.

ISBN 978-5-907935-34-1

Рассмотрены методы измерения информации, вопросы, связанные с представлением числовой, символьной и графической информации в ЭВМ, процессы обработки, хранения и передачи информации. Большое количество примеров и задач для самостоятельной работы позволят применить полученные знания на практике.

Издание подготовлено на кафедре «Информационно-вычислительные системы» ПГУ и предназначено для обучающихся по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика» (профили «Прикладная информатика в экономике» и «Цифровой маркетинг и рыночная аналитика»), изучающих дисциплину «Основы компьютерной обработки информации».

УДК 004 (075.8)

ISBN 978-5-907935-34-1

© Пензенский государственный
университет, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИНФОРМАТИКИ	5
1.1. Понятие информации	5
1.2. Информационные процессы и системы.....	6
1.3. Информационные ресурсы и технологии.....	10
1.4. Основные этапы развития информатики и вычислительной техники	12
Задания по теме 1	17
2. КОЛИЧЕСТВО И КАЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ	19
2.1. Уровни проблем передачи информации.....	19
2.2. Меры информации	20
2.2.1. Меры информации синтаксического уровня.....	20
2.2.2. Мера информации семантического уровня	25
2.2.3. Мера информации прагматического уровня	26
2.3. Качество информации.....	28
Задания по теме 2	31
3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В ЭВМ	34
3.1. Позиционные системы счисления и методы перевода чисел.....	34
3.2. Форматы представления чисел с фиксированной и плавающей запятой.....	37
3.3. Двоичная арифметика. Прямой, обратный, дополнительный коды	39
3.3.1. Коды чисел.....	39
3.3.2. Особенности сложения чисел в обратном и дополнительном кодах.....	41
3.4. Выполнение арифметических операций с плавающей запятой	45
3.4.1. Смещенный код	45
3.4.2. Представление вещественных чисел и выполнение арифметических операций над ними в ЭВМ.....	47
3.4.3. Арифметические действия над нормализованными числами.....	50
Задания по теме 3	51
4. ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ	53
4.1. Понятие алгоритма и его свойства.....	53
4.2. Принцип программного управления.....	54

4.3. Классификация компьютерных средств обработки информации.....	56
4.4. Архитектура, состав и назначение основных элементов персонального компьютера.....	58
4.5. Устройства ввода/вывода	62
4.6. Классификация программного обеспечения	71
4.7. Кодирование и квантование сигналов.....	76
Задания по теме 4	79
5. ПРОЦЕСС ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ	84
5.1. Структуры данных	84
5.2. Файлы данных. Файловые структуры	85
5.3. Устройства хранения данных.....	88
5.4. Хранение символьной информации в ЭВМ	92
5.5. Хранение графической информации.....	96
Задания по теме 5	98
6. ПРОЦЕСС ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ	102
6.1. Общая схема системы передачи информации.....	102
6.2. Виды и характеристики носителей и сигналов	104
6.3. Каналы передачи данных и их характеристики	109
6.4. Помехоустойчивое кодирование	113
Задания по теме 6	118
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	121

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИНФОРМАТИКИ

1.1. Понятие информации

Определений понятия информации существует достаточно много. Наиболее общим является философское (информация как отражение реального мира), наиболее частным – прикладная формулировка (информация как сведения, являющиеся объектом переработки).

Наиболее часто используются следующие трактовки информации:

- уменьшаемая неопределенность в результате получения сообщений;
- передача и отражение разнообразия в любых процессах и объектах;
- товар, являющийся объектом купли-продажи знаний для достижения определенных целей;
- данные как результат организации символов в соответствии с установленными правилами;
- продукт взаимодействия данных и адекватных им методов;
- сведения о лицах, предметах, фактах, событиях, явлениях и процессах независимо от формы их представления (ФЗ РФ).

Особенность информации заключается в том, что проявляется она только при взаимодействии объектов, причем обмен информацией может совершаться не вообще между любыми объектами, а только между теми из них, которые представляют собой организованную структуру (систему).

Элементами этой системы могут быть не только люди: обмен информацией может происходить в животном и растительном мире, между живой и неживой природой, людьми и устройствами.

Понятие «информация» обычно предполагает наличие двух объектов – «источника» информации и «приемника» (потребителя, адресата) информации (рис. 1.1).

Информация передается от источника к приемнику в материально-энергетической форме в виде сигналов (например, электрических, световых, звуковых и т.д.), распространяющихся в определенной среде.

Сигнал – физический процесс (явление), несущий сообщение (информацию) о событии или состоянии объекта наблюдения.

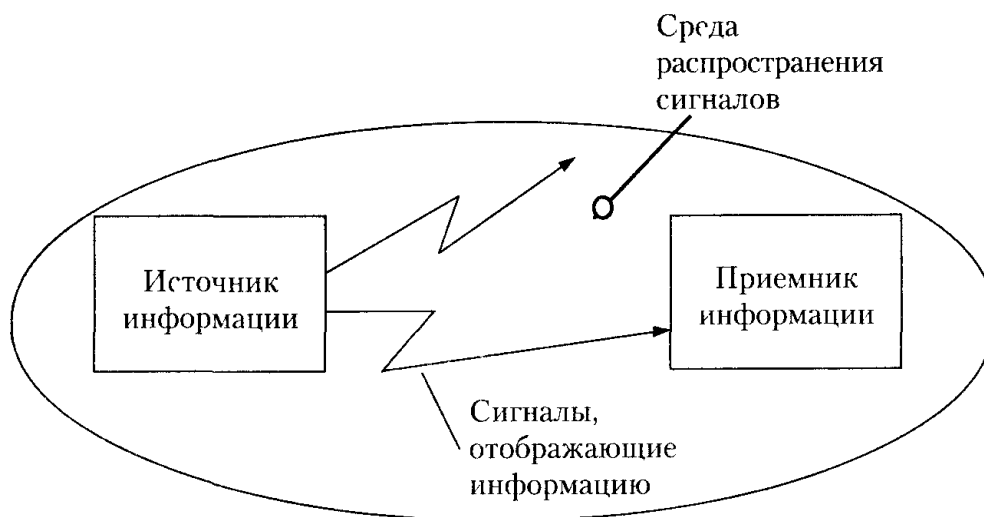


Рис. 1.1. Структурные компоненты обмена информацией

Информация может поступать непрерывно или дискретно, т.е. в виде последовательности отдельных сигналов. Соответственно различают непрерывную и дискретную информацию.

Информация – специфический атрибут реального мира, представляющий собой его объективное отражение в виде совокупности сигналов и проявляющийся при взаимодействии с «приемником» информации, позволяющим выделять, регистрировать эти сигналы из окружающего мира и по тому или иному критерию их идентифицировать.

Из этого определения следует, что:

- информация объективна, так как это свойство материи – отражение;
- информация проявляется в виде сигналов и лишь при взаимодействии объектов;
- одна и та же информация различными получателями может быть интерпретирована по-разному в зависимости от «настройки» «приемника».

1.2. Информационные процессы и системы

Информация наиболее часто используется для выработки управляющих воздействий в автоматических (чисто технических) и автоматизированных (человеко-машинных) системах. В подобных системах можно выделить отдельные этапы (фазы) обращения информации, каждый из которых характеризуется определенными действиями.

Информационный процесс (ИП) – это последовательность действий, выполняемых с информацией.

Информационная система (ИС) – это система, реализующая ИП.

Основные этапы (фазы) обращения информации в системах:

- сбор (восприятие) информации;
- подготовка (преобразование) информации;
- передача информации;
- обработка (преобразование) информации;
- хранение информации;
- отображение (воспроизведение) информации.

Так как материальным носителем информации является сигнал, то реально это будут этапы обращения и преобразования сигналов (рис.1.2).

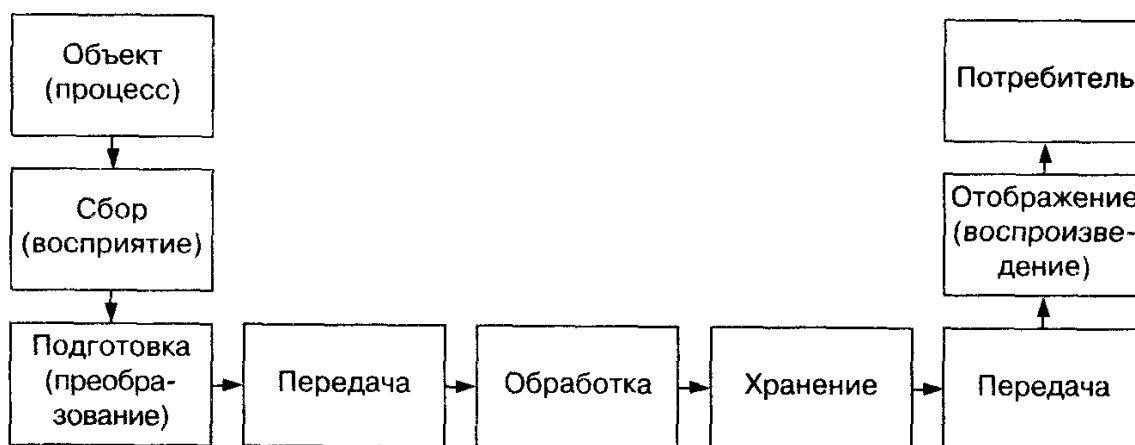


Рис. 1.2. Обращение информации в автоматизированных системах

На этапе восприятия информации осуществляется целенаправленное извлечение и анализ информации о каком-либо объекте (процессе), в результате чего формируется образ объекта, проводятся его опознание и оценка.

Главная задача на этом этапе – отделить полезную информацию от мешающей (шумов), что в ряде случаев связано со значительными трудностями.

Простейшим видом восприятия является различение двух противоположных состояний: наличия («да») и отсутствия («нет»), более сложным – измерение.

На этапе подготовки информации осуществляется ее первичное преобразование. На этом этапе проводятся такие операции, как нормализация, аналого-цифровое преобразование, шифрование.

Иногда этап подготовки рассматривается как вспомогательный на этапе восприятия.

В результате восприятия и подготовки получается сигнал в форме, удобной для передачи, хранения или обработки.

На этапе передачи информация пересылается из одного места в другое (от отправителя получателю-адресату). Передача осуществляется по каналам различной физической природы, самыми распространенными из которых являются электрические, электромагнитные и оптические.

Извлечение сигнала на выходе канала, подверженного действию шумов, носит характер вторичного восприятия.

На этапах обработки информации выявляются ее общие и существенные взаимозависимости, представляющие интерес для системы.

Преобразование информации на этапе обработки (как и на других этапах) осуществляется либо средствами информационной техники, либо человеком.

В общем случае под обработкой информации понимается любое ее преобразование, проводимое по законам логики, математики, а также неформальным правилам, основанным на «здравом смысле», интуиции, обобщенном опыте, сложившихся взглядах и нормах поведения.

Результатом обработки является тоже информация, но либо представленная в иных формах (например, упорядоченная по какому-то признакам), либо содержащая ответы на поставленные вопросы (например, решение некоторой задачи).

Если процесс обработки формализуем, он может выполняться техническими средствами. Кардинальные сдвиги в этой области произошли благодаря созданию ЭВМ – универсального преобразователя информации, в связи с чем появились понятия «данные» и «обработка данных».

Данные – факты, сведения, представленные в формализованном виде (закодированные), занесенные на те или иные носители и допускающие обработку с помощью специальных технических средств (в первую очередь, ЭВМ).

Обработка данных предполагает проведение различных операций над ними, в первую очередь арифметических и логических, для получения новых данных, которые объективно необходимы (например, при подготовке ответственных решений).

На этапе хранения информацию записывают в запоминающее устройство для последующего использования. Для хранения ин-

формации используются в основном полупроводниковые, магнитные и оптические носители.

Решение задач извлечения хранимой информации (поиска информации) связано с разработкой классификационных признаков и схем размещения хранимой информации, систематизацией, правилами доступа к ней, порядком ее пополнения и обновления. Все указанное определяет возможность целенаправленного поиска и оперативного извлечения хранимой информации.

Этап отображения информации должен предшествовать этапам, связанным с участием человека. Цель этого этапа – предоставить человеку нужную ему информацию с помощью устройств, способных воздействовать на его органы чувств.

ИС можно классифицировать по различным признакам.

По сфере применения ИС подразделяются на административные, производственные, учебные, медицинские, военные и др.

По территориальному признаку выделяют ИС района, города, области, округа, государства.

С точки зрения возможности организации конкретных информационных процессов различают информационно-справочные, информационно-поисковые системы, системы обработки и передачи данных, системы связи.

Большинство автоматизированных ИС являются локальными системами и функционируют на уровне предприятий и учреждений.

В настоящее время происходит интенсивный процесс интеграции таких систем в корпоративные системы и далее – в региональные и глобальные системы.

Системы более высокого уровня становятся территориально рассредоточенными, иерархичными как по функциональному принципу, так и по их технической реализации.

Обеспечение взаимодействия территориально рассредоточенных систем требует протяженных высокоскоростных и надежных каналов связи, а увеличение объема обрабатываемой информации – ЭВМ высокой производительности.

Это приводит к необходимости коллективного использования дорогостоящих средств автоматизации (ЭВМ и линий связи) и обрабатываемой информации (баз данных). Техническое развитие как самих ЭВМ, так и средств связи позволило решить эту проблему путем перехода к созданию распределенных информационно-вычислительных сетей коллективного пользования.

Если поставляемая информация извлекается из какого-либо объекта (процесса), а выходная применяется для целенаправленно-

го изменения состояния того же объекта (процесса), причем абонентом, использующим информацию для выбора основных управляющих воздействий (принятия решения), является человек, то такую автоматизированную информационную систему называют автоматизированной системой управления (АСУ).

Управление и информация служат основными понятиями кибернетики.

Управление – функция организованных систем различной природы (технических, биологических или социальных), направленная на реализацию их целевых установок и поддержание внутренне присущей им структуры.

Кибернетика – наука, изучающая с единых позиций связь и управление (самоуправление) в организованных системах любой физической природы.

Кибернетическая система (система управления) может рассматриваться как совокупность двух систем – управляющего объекта (УО) и объекта управления (ОУ).

При этом УО воздействует на ОУ, подавая на него управляющие сигналы. Для выработки управляющих решений, обеспечивающих достижение цели управления, управляющая система осуществляет сбор информации о текущем состоянии ОУ (по каналу обратной связи), ее хранение, а также оценку текущего состояния управляемого объекта.

Автоматизированные системы управления нашли широкое применение во всех сферах современного общества, в первую очередь как системы управления технологическими процессами (ТП) и коллективами людей.

АСУ ТП служат для автоматизации различных функций на производстве. Они широко используются при организации поточных линий, изготовлении микросхем, для поддержания технологического цикла в машиностроении и в других областях.

Информационные системы организационного управления предназначены для автоматизации функций управленческого персонала, например, информационные системы управления банками, гостиницами, торговыми фирмами и другими объектами.

1.3. Информационные ресурсы и технологии

Особенностью современного этапа развития общества является переход от индустриального общества к информационному. Процесс, обеспечивающий этот переход, называют информатизацией.

Информатизация общества – организованный социально-экономический и научно-технический процесс создания оптимальных условий для удовлетворения информационных потребностей и реализации прав граждан, органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций, общественных объединений на основе формирования и использования информационных ресурсов.

Неизбежность информатизации обусловлена резким возрастанием роли и значения информации. Для нормального функционирования организации любого масштаба уже недостаточно только традиционных для индустриального общества ресурсов (материальных, природных, трудовых, финансовых, энергетических), необходимо знать, как наиболее эффективно эти ресурсы использовать, иметь информацию о технологиях. Поэтому существенным ресурсом стала информация.

Информационные ресурсы в настоящее время рассматриваются как отдельная экономическая категория, важнейший стратегический ресурс общества.

Информационные ресурсы (ИР) – отдельные документы и отдельные массивы документов, документы и массивы документов в информационных системах (библиотеках, архивах, фондах, банках данных, других информационных системах).

ИС можно рассматривать как организационно упорядоченную совокупность документов, информационных технологий, в том числе с использованием средств вычислительной техники и связи, реализующих информационные процессы.

В общем случае под ИР понимают весь имеющийся в информационной системе объем информации, отчужденной от ее создателей и предназначенной для общественного использования.

В отличие от других видов ресурсов (материальных, природных), ИР практически неисчерпаемы: по мере развития общества и роста потребления информации их запасы не убывают, а растут.

Более того, в процессе применения ИР постоянно развиваются и совершенствуются, избавляясь от ошибок и уточняя свои параметры.

Выделяют пассивную и активную формы ИР.

К пассивной форме относятся книги, журнальные статьи, патенты, банки данных.

Примерами активных форм являются модель, алгоритм, проект, программа.

Базовой технической составляющей процесса информатизации общества является компьютеризация.

Под компьютеризацией понимается развитие и внедрение технической базы – компьютеров, обеспечивающих оперативное получение результатов переработки информации и ее накопление.

Научным фундаментом процесса информатизации общества является информатика, которая помогает создавать новые информационные технологии и системы для решения задач информатизации.

Технология (от греч. *techne* – искусство, мастерство, умение и греч. *logos* – слово, учение) – совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, осуществляемых в процессе производства продукции.

Основными компонентами материальных технологий являются: подготовка сырья и материалов, производство материального продукта, сбыт произведенных продуктов потребителям.

В информационной технологии в качестве исходного материала выступает информация. В качестве конечного продукта – также информация, но это качественно новая информация о состоянии объекта, процесса или явления. При этом основными компонентами информационных технологий служат: сбор данных (первичной информации), обработка данных, получение результатной информации и передача ее потребителю.

Новая информационная технология (компьютерная информационная технология) – технология, основанная на использовании персональных компьютеров и телекоммуникационных средств.

1.4. Основные этапы развития информатики и вычислительной техники

В своем развитии история вычислительной техники прошла три основных этапа:

- механический (до 90-х гг. XIX в.);
- электромеханический (до 40-х гг. XX в.);
- электронный (с 40-х гг. XX в.).

Более трех тысяч лет в Средиземноморье было распространено простое приспособление для счета (абак): доска, разделенная на полосы, где перемещались камешки или кости. Российский вариант абак представлял собой счеты с костяшками. В Древнем Риме абак назывался *calculi*. Абак позволял лишь запо-

минать результат, а все арифметические действия должен был выполнять человек.

Первая механическая машина, выполняющая арифметические операции, была построена немецким ученым Вильгельмом Шиккардом в 1623 г.

Одной из наиболее известных суммирующих машин до середины XVII в. была «Паскалина», созданная в 1642 г. французом Блезом Паскалем (1623–1662). Известны шести- и восьмиразрядные машины Паскаля, которые могли суммировать и вычитать десятичные числа.

Позже, в 1673 г., другой немецкий ученый-математик Вильгельм Лейбниц (1646–1716) расширил возможности машины Паскаля, добавив операции умножения, деления и извлечения квадратного корня и впервые используя двоичную систему счисления.

Завершающий шаг в эволюции цифровых вычислительных устройств (механического типа) сделал английский ученый Чарльз Беббидж (1791–1871).

Аналитическая машина (так назвал ее Беббидж), проект которой он разработал в 1834 г., явилась механическим прототипом появившихся спустя столетие электронных вычислительных машин (ЭВМ).

В ней предполагалось иметь те же, что и в ЭВМ, пять основных устройств: арифметическое, памяти, управления, ввода, вывода. Программа выполнения вычислений записывалась на перфокартах (пробивками), на них же записывались исходные данные и результаты вычислений.

Автоматическое выполнение программы вычислений обеспечивалось устройством управления. Время сложения двух 50-разрядных десятичных чисел составляло, по расчетам ученого, 1 с, умножения – 1 мин.

Однако Беббидж и его аналитическая машина остались непонятыми современниками.

Следует отметить, что в это время параллельно с развитием технических устройств для вычислений начинает развиваться и программирование вычислений.

Дочь Байрона Ада Августа Лавлейс (1815–1852) по праву считается первым программистом. Она разрабатывала программы для машины Беббиджа, которые во многом оказались схожими с программами, составленными впоследствии для первых ЭВМ.

В истории развития вычислительной техники трудно переоценить заслугу выдающегося англичанина Джорджа Буля (1815–1864), разработавшего еще в XIX в. алгебру логики (алгебру Буля), ставшую через сто лет математической основой для проектирования схем ЭВМ, использующих двоичную систему счисления.

Венцом механических вычислительных машин была машина Z1, разработанная в 1937 г. немецким студентом Конрадом Цузе (1910–1995), работу над которой он начал за год до получения диплома инженера. Машина Z1 была, подобно машине Беббиджа, чисто механической, но в ней была реализована двоичная система и логика, подобная булевой, представление чисел с плавающей запятой и трехадресная система программирования.

На этом заканчивается интересная эпоха механических вычислительных машин, которая заложила основы бурного развития электромеханических и электронных вычислительных машин.

В 1941 г. Конрад Цузе создал первую в мире релейную вычислительную машину с программным управлением Z3, содержащую 2000 реле устройства памяти и 600 реле счетного устройства. Машина считывала программу механически шаг за шагом и осуществляла 15–20 вычислительных операций в секунду. Период сложения у Z3 составлял 0,3 с.

В 40-х гг. XX в. наступило время, когда объем расчетных работ в развитых странах стал нарастать, как снежный ком, в первую очередь в области военной техники, чему способствовала Вторая мировая война. Это послужило мощным толчком к развитию ЭВМ.

В 1942 г. сотрудник технической школы при Пенсильванском университете (США), физик Джон Мочли (1907–1986) отправил в военное ведомство США предложение о создании мощного, по тем временам, компьютера на электронных лампах (ЭНИАК). К работе было привлечено около 200 человек, в том числе несколько десятков математиков и инженеров. Руководителями работы стали Джон Мочли и талантливый инженер-электронщик Проспер Эккерт (1919–1995). Напряженная работа завершилась в конце 1945 г. успешными испытаниями ЭНИАК. Впечатляющими были размеры ЭНИАК: 26 м в длину, 6 м в высоту, вес 35 тонн.

В 1945 г. для разработки ЭВМ в качестве консультанта был направлен выдающийся математик Джон фон Нейман (1903–1957).

В 1946 г. фон Нейманом и другими учеными Принстонского института перспективных исследований был представлен отчет «Предварительное обсуждение логического конструирования устройства», который содержал развернутое и детальное описание

принципов построения цифровых электронных вычислительных машин (ЭВМ). Изложенные в отчете принципы были реализованы во всех последующих ЭВМ и носили название «неймановские».

Работы по созданию ЭВМ после Второй мировой войны велись и в СССР. В 1948 г. Сергеем Алексеевичем Лебедевым (1902–1974) был предложен первый проект отечественной цифровой ЭВМ, а первые образцы ЭВМ, известные под названием МЭСМ (малая электронная счетная машина), появились через несколько лет. В начале 1960-х гг., под руководством С. А. Лебедева создается первая большая электронная счетная машина БЭСМ-1, которая тогда была самой производительной машиной в Европе и одной из лучших мире.

Начиная со второй половины XX в. развитие технических средств пошло значительно быстрее. Это время принято делить на четыре этапа, которые имеют свои характерные особенности.

Первый этап – до 1955 г. За точку отсчета эры ЭВМ принимается 1946 г., когда началась эксплуатация первых опытных образцов ЭВМ. Ключевым моментом этого этапа было применение электронных ламп.

Ламповые ЭВМ имели большие габариты и массу, потребляли много энергии и были очень дорогостоящими, что резко сужало круг пользователей ЭВМ и объем производства этих машин. Числа в ЭВМ вводились с помощью перфокарт и набора переключателей, а программа задавалась соединением гнезд на специальных наборных платах.

Наиболее яркими представителями ЭВМ первого этапа были в СССР МЭСМ (малая электронно-счетная машина) и ЭНИАК в США. Также в этот период в США разрабатывается и патентуется память на магнитных сердечниках (1951), а в СССР выпускается первая серийная ЭВМ «Стрела».

Второй этап – до 1965 г. Развитие электроники привело к изобретению нового полупроводникового устройства – транзистора, который заменил лампы. Появление ЭВМ, построенных на транзисторах, привело к уменьшению их габаритов, массы, энергозатрат и стоимости, а также к увеличению их надежности и производительности.

Первым транзисторным компьютером стал компьютер «Традис» фирмы «Белл телефон лабораторис», построенный на 800 транзисторах.

В этот же период стали создавать алгоритмические языки для инженерно-технических и экономических задач. Так, в 1955 г. появился «переводчик формул» FORTRAN (FORmula TRANslator).

Для экономии машинных ресурсов (машинного времени и памяти) стали создавать операционные системы (комплексы служебных программ, обеспечивающих лучшее распределение ресурсов ЭВМ при выполнении пользовательских задач).

Первые операционные системы просто автоматизировали работу оператора ЭВМ, связанную с выполнением задания пользователя: ввод в ЭВМ программы, вызов нужного транслятора, вызов необходимых библиотечных программ.

В 1957 г. фирмой IBM были разработаны дисковые запоминающие устройства. Первый жесткий диск имел размер 24 дюйма, вмещал 5 Мбайт данных и стоил более миллиона долларов.

Начало третьего этапа (до 1979 г.) связано с созданием технологии производства интегральных схем, где в одном кристалле размещалось несколько десятков тысяч электронных элементов. Это позволило увеличить быстродействие и надежность полупроводниковых схем, а также уменьшить их габариты, потребляемую мощность и, следовательно, стоимость.

В этот период появляются простые, дешевые и надежные машины – мини-ЭВМ (IBM 360 в США и ЕС 1030 в СССР).

Четвертый этап – с 1980 г. по настоящее время. За счет улучшения технологии ИС повсеместно приступают к изготовлению схем сверхбольшой степени интеграции – СБИС.

С 1982 г. фирма IBM приступила к изготовлению профессиональных персональных компьютеров IBM PC с операционной системой MS-DOS.

В 1984 г. компании Apple и IBM выпускают ЭВМ четвертого поколения – персональные компьютеры Macintosh и PC/AT соответственно.

Развитие ЭВМ четвертого поколения продолжается до сегодняшнего дня. Стремительно возрастающие объемы информации определяют такое же стремительное развитие аппаратных средств. Сейчас персональный компьютер с процессором Intel четвертого поколения имеет тактовую частоту до 4 ГГц. До середины 1990-х гг. фирма Intel не имела конкурентов на рынке процессоров, пока другая американская фирма AMD не приступила к выпуску процессоров для IBM-совместимых компьютеров.

Задания по теме 1

Написать программу, которая бы выводила на экран определенный вопрос по теме «Основные понятия информатики»: пользователь вводил бы ответ на этот вопрос, а программа выводила этот же ответ.

Варианты вопросов

1. Что такое информация?
2. Какие структурные компоненты включает процесс обмена информацией?
3. В виде чего информация передается от источника к приемнику?
4. Какие существуют виды сигналов?
5. Какие существуют формы информации?
6. В чем заключается процесс информатизации общества?
7. Что такое информационный ресурс?
8. Что такое информационная система?
9. В чем особенности информационного ресурса?
10. Какие существуют формы информационных ресурсов?
11. В чем заключается процесс компьютеризации?
12. В чем суть информационных технологий?
13. Какие этапы выделяют в развитии вычислительной техники?
14. Кто и когда создал первую механическую вычислительную машину?
15. Кто и когда создал механическую машину-прототип современных ЭВМ?
16. Кто считается первым программистом?
17. Кто и когда создал первую релейную машину с программным управлением?
18. Кто и когда создал первую ЭВМ на электронных лампах? Как она называлась?
19. Кто предложил основные принципы построения цифровых вычислительных машин?
20. Кто и когда создал первую отечественную ЭВМ? Как она называлась?
21. Какие существуют поколения ЭВМ?
22. Что такое информационный процесс?
23. Какие существуют основные этапы (фазы) обращения информации в системе?
24. В чем заключается этап восприятия информации?

25. В чем заключается этап подготовки информации?
26. В чем заключается этап обработки информации?
27. В чем заключается этап хранения информации?
28. В чем заключается этап отображения информации?
29. Что такое данные?
30. В чем заключается понятие управления?
31. Из чего состоит кибернетическая система (система управления)?
32. Каково назначение АСУ ТП?

2. КОЛИЧЕСТВО И КАЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ

2.1. Уровни проблем передачи информации

При реализации информационных процессов всегда происходит перенос информации в пространстве и времени от источника информации к приемнику (получателю). При этом для передачи информации используют различные знаки (символы), позволяющие выразить ее в некоторой форме, называемой сообщением.

Сообщение – форма представления информации в виде совокупности знаков (символов), используемая для передачи.

Сообщение как совокупность знаков с точки зрения семиотики – науки, занимающейся исследованием свойств знаков и знаковых систем, – может изучаться на трех уровнях:

1) синтаксическом, где рассматриваются внутренние свойства сообщений как отношения между знаками, отражающие структуру данной знаковой системы;

2) семантическом, где анализируются отношения между знаками и обозначаемыми ими предметами, действиями, качествами как смысловое содержание сообщения, его отношение к источнику информации;

3) прагматическом, где рассматриваются отношения между сообщением и получателем как потребительское содержание сообщения, его отношение к получателю.

Проблемы синтаксического уровня касаются создания теоретических основ построения информационных систем.

На этом уровне рассматривают проблемы доставки получателю сообщений как совокупности знаков, учитывая при этом тип носителя и способ представления информации, скорость передачи и обработки, размеры кодов представления информации, надежность и точность преобразования этих кодов и т.п., полностью абстрагируясь от смыслового содержания сообщений и их целевого предназначения.

Информацию, рассматриваемую только с синтаксических позиций, обычно называют данными, так как смысловая сторона при этом не имеет значения. Современная теория информации исследует проблемы именно этого уровня.

Проблемы семантического уровня связаны с формализацией и учетом смысла передаваемой информации, определения степени соответствия образа объекта и самого объекта.

На данном уровне анализируются те сведения, которые отражает информация, рассматриваются смысловые связи, формируются понятия и представления, выявляется смысл, содержание информации, осуществляется ее обобщение.

На прагматическом уровне интересуют последствия от получения и использования данной информации потребителем. Проблемы этого уровня связаны с определением ценности и полезности использования информации при выработке потребителем решения для достижения своей цели. Основная сложность здесь состоит в том, что ценность, полезность информации может быть совершенно различной для различных получателей и, кроме того, она зависит от ряда факторов, таких, например, как своевременность ее доставки и использования.

2.2. Меры информации

2.2.1. Меры информации синтаксического уровня

Для измерения информации на синтаксическом уровне вводятся два параметра: объем информации (данных) – V_D (объемный подход) и количество информации – I (энтропийный подход).

При реализации информационных процессов информация передается в виде сообщения, представляющего собой совокупность символов какого-либо алфавита.

Если количество информации, содержащейся в сообщении из одного символа, принять за единицу, то объем информации (данных) V_D в любом другом сообщении будет равен количеству символов (разрядов) в этом сообщении.

Так, в десятичной системе счисления один разряд имеет вес, равный 10, и соответственно единицей измерения информации будет дит (десятичный разряд). В этом случае сообщение в виде n -разрядного числа имеет объем данных $V_D = n$ дит.

Пример 1. Четырехразрядное число 2022 в десятичной системе счисления содержит объем данных $V_D = 4$ дит.

В двоичной системе счисления один разряд имеет вес, равный 2, поэтому в качестве единицы измерения информации используется бит (*bit* или *binary digit* – двоичный разряд).

В этом случае сообщение в виде n -разрядного числа имеет объем данных $V_D = n$ бит.

Пример 2. Восемьразрядное двоичное число 11001011 содержит объем данных $V_d = 8$ бит.

В современной вычислительной технике наряду с минимальной единицей измерения данных бит широко используется укрупненная единица измерения байт, равная 8 бит.

При работе с большими объемами информации для подсчета ее количества применяют более крупные единицы измерения, такие как килобайт (кбайт), мегабайт (Мбайт), гигабайт (Гбайт), терабайт (Тбайт):

1 кбайт = 1024 байт = 2^{10} байт;

1 Мбайт = 1024 кбайт = 2^{20} байт = 1048576 байт;

1 Гбайт = 1024 Мбайт = 2^{30} байт = 1073741824 байт;

1 Тбайт = 1024 Гбайт = 2^{40} байт = 1099511627776 байт.

В теории информации и кодирования принят энтропийный подход к измерению информации.

Этот подход основан на том, что факт получения информации всегда связан с уменьшением разнообразия или неопределенности (энтропии) системы.

Количество информации в сообщении определяется как мера уменьшения неопределенности состояния данной системы после получения сообщения. Как только наблюдатель выявил что-нибудь в физической системе, энтропия системы снизилась, так как для наблюдателя система стала более упорядоченной.

Таким образом, при энтропийном подходе под информацией понимается количественная величина исчезнувшей в ходе какого-либо процесса (испытания, измерения и т.д.) неопределенности.

При этом в качестве меры неопределенности вводится энтропия H , и количество информации равно

$$I = H_{apr} - H_{aps}, \quad (2.1)$$

где H_{apr} – априорная энтропия о состоянии исследуемой системы; H_{aps} – апостериорная энтропия.

Апостериори – происходящее из опыта (испытания, измерения).

Априори – понятие, характеризующее знание, предшествующее опыту (испытанию) и независимое от него.

В случае, когда в ходе испытания имевшаяся неопределенность снята (получен конкретный результат, т.е. $H_{aps} = 0$), количество полученной информации совпадает с первоначальной энтропией

$$I = H_{apr}.$$

Рассмотрим в качестве исследуемой системы дискретный источник информации (источник дискретных сообщений), под которым будем понимать физическую систему, имеющую конечное множество возможных состояний.

Множество $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ состояний системы в теории информации называют абстрактным алфавитом или алфавитом источника сообщений.

Отдельные состояния $a_1, a_2, \dots, a_n$ называют буквами или символами алфавита.

Такая система может в каждый момент времени случайным образом принять одно из конечных множеств возможных состояний a_i .

Поскольку одни состояния выбираются источником чаще, а другие реже, то в общем случае он характеризуется ансамблем A , т.е. полной совокупностью состояний с вероятностями их появления, составляющими в сумме единицу:

$$A = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_N \\ p_1 & p_2 & \dots & p_N \end{pmatrix}, \quad \sum_{i=1}^N p_i = 1. \quad (2.2)$$

Введем меру неопределенности выбора состояния источника. Ее можно рассматривать и как меру количества информации, получаемой при полном устранении неопределенности относительно равновероятных состояний источника:

$$H(A) = \log N. \quad (2.3)$$

Тогда при $N = 1$ получаем $H(A) = 0$.

Указанная мера была предложена американским ученым Р. Хартли в 1928 г. Основание логарифма в формуле (2.3) не имеет принципиального значения и определяет только масштаб или единицу измерения. В зависимости от основания логарифма применяют следующие единицы измерения:

1) биты – при этом основание логарифма равно 2:

$$H(A) = \log_2 N;$$

2) ниты – при этом основание логарифма равно e :

$$H(A) = \ln N; \quad (2.4)$$

3) диты – при этом основание логарифма равно 10:

$$H(A) = \lg N.$$

В информатике в качестве меры неопределенности обычно используют формулу (2.4). При этом единица неопределенности называется двоичной единицей, или битом, и представляет собой неопределенность выбора из двух равновероятных событий.

Формулу (2.4) можно получить эмпирически: для снятия неопределенности в ситуации из двух равновероятных событий необходим один опыт и, соответственно, один бит информации ($\log_2 2 = 1$), при неопределенности, состоящей из четырех равновероятных событий, достаточно 2 бит информации ($\log_2 4 = 2$), чтобы угадать искомый факт.

Пример 3. Для определения карты из колоды, состоящей из 32 карт, достаточно 5 бит информации, т.е. достаточно задать пять вопросов с ответами «да» или «нет», чтобы определить искомую карту ($\log_2 32 = 5$).

Предложенная мера позволяет решать определенные практические задачи, когда все возможные состояния источника информации имеют одинаковую вероятность.

В общем случае степень неопределенности реализации состояния источника информации зависит не только от числа состояний, но и от вероятностей этих состояний.

Пример 4. Если источник информации имеет два возможных состояния с вероятностями 0,99 и 0,01, то неопределенность выбора у него значительно меньше, чем у источника, имеющего два равновероятных состояния, так как в этом случае результат практически предрешен (реализация состояния, вероятность которого равна 0,99).

Американский ученый К. Шеннон обобщил понятие меры неопределенности выбора H на случай, когда H зависит не только от числа состояний, но и от вероятностей этих состояний (вероятностей p_i выбора символов a_i алфавита A).

Эту меру, представляющую собой неопределенность, приходящуюся в среднем на одно состояние, называют энтропией дискретного источника информации (средней информационной емкостью символа сообщения):

$$H = -\sum_{i=1}^N p_i \log p_i. \quad (2.5)$$

Тогда информационная емкость всего сообщения равна

$$V = Hd,$$

где d – количество символов в сообщении.

Если снова ориентироваться на измерение неопределенности в двоичных единицах, то основание логарифма следует принять равным двум:

$$H = -\sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i. \quad (2.5)$$

Каждый i -й символ сообщения переносит количество информации

$$I_i = -\log_2 p_i.$$

При равновероятных выборах вероятность $p_i = \frac{1}{N}$ и формула (2.6) преобразуется в формулу Р. Хартли (2.4):

$$H = -\sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i = -N \frac{1}{N} \log_2 \frac{1}{N} = -N \frac{1}{N} (\log_2 1 - \log_2 N) = \log_2 N.$$

Предложенная мера была названа энтропией не случайно. Дело в том, что формальная структура выражения (2.5) совпадает с энтропией физической системы, определенной ранее Больцманом.

При практическом определении количества информации в сообщении следует помнить, что вероятность появления какого-либо символа a_i при условии появления другого символа a_j вычисляется как произведение вероятностей этих символов $p_i \cdot p_j$.

Пример 5. В колоде содержится 32 карты. Из нее наугад взяли две карты. Определим количество информации в сообщении о том, что выбраны туз и король одной масти.

Вероятность выбора масти равна $1/4$, вероятность выбора туза определенной масти равна $1/32$, вероятность выбора после этого короля той же масти равна $1/31$. Общая вероятность сообщения равна

$$p = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{32} \cdot \frac{1}{31} \approx 0,0003.$$

Количество информации

$$I = -\log_2 0,0003 \approx 12 \text{ бит.}$$

Используя формулы (2.4) и (2.6), можно определить избыточность D алфавита источника сообщений A , которая показывает, насколько рационально применяются символы данного алфавита:

$$D = \frac{H(A) - H_{\max}(A)}{H_{\max}(A)}, \quad (2.7)$$

где $H_{\max}(A)$ – максимально возможная энтропия, определяемая по формуле Хартли (2.4); $H(A)$ – энтропия источника, определяемая по формуле Шеннона (2.6).

Суть данной меры заключается в том, что при равновероятном выборе символов ту же информационную нагрузку на знак можно обеспечить, используя алфавит меньшего объема, чем в случае с неравновероятным выбором.

2.2.2. Мера информации семантического уровня

Общепринятой количественной меры для измерения смыслового содержания информации не существует. Наибольшее распространение получила тезаурусная мера, которая связывает семантические свойства информации со способностью пользователя принимать поступившее сообщение.

Для понимания и использования полученной информации получатель должен обладать определенным запасом знаний. Полное незнание предмета не позволяет извлечь полезную информацию из принятого сообщения об этом предмете.

По мере роста знаний о предмете растет и количество полезной информации, извлекаемой из сообщения.

Если назвать имеющиеся у получателя знания о данном предмете тезаурусом – сводом слов, понятий, названий объектов, связанных смысловыми связями, то количество информации, содержащееся в некотором сообщении, можно оценить степенью изменения индивидуального тезауруса под воздействием данного сообщения.

В зависимости от соотношений между смысловым содержанием информации S и тезаурусом пользователя S_p изменяется количество семантической информации I_c , воспринимаемой пользователем и включаемой им в дальнейшем в свой тезаурус. Характер такой зависимости показан на рис. 2.1.

Рассмотрим два предельных случая, когда количество семантической информации I_c равно 0:

- при $S_p = 0$ пользователь не воспринимает (не понимает) поступающую информацию;
- при $S_p \rightarrow \infty$ пользователь «все знает», и поступающая информация ему не нужна.

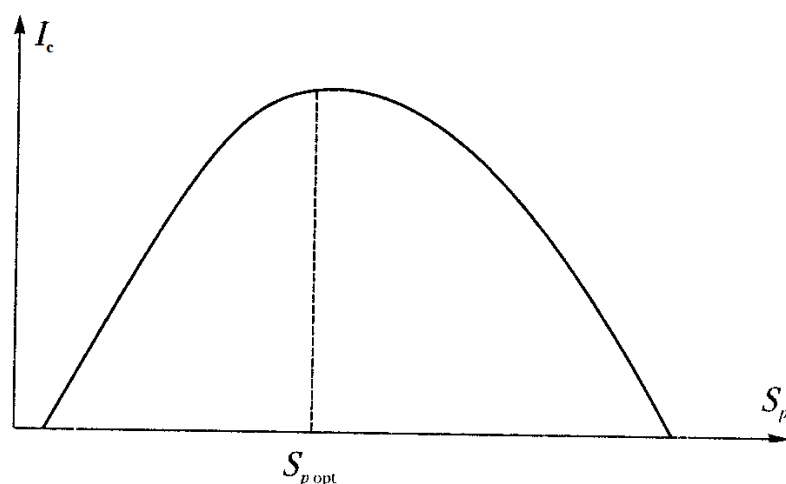


Рис. 2.1. Зависимость количества семантической информации, воспринимаемой потребителем, от его тезауруса $I_c = f(S_p)$

Максимальное количество семантической информации потребитель приобретает при согласовании ее смыслового содержания S со своим тезаурусом S_p ($S_p = S_{p \text{ opt}}$), когда поступающая информация понятна пользователю и несет ему ранее неизвестные (отсутствующие в его тезаурусе) сведения.

Количество семантической информации 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 для пользователя некомпетентного.

При оценке семантического (содержательного) аспекта информации необходимо стремиться к согласованию величин S и S_p .

Относительной мерой количества семантической информации может служить коэффициент содержательности C :

$$C = \frac{I_c}{V_d},$$

который определяется как отношение количества семантической информации к ее объему.

2.2.3. Мера информации прагматического уровня

Эта мера определяет полезность информации (ценность) для достижения пользователем поставленной цели. Она также величина относительная, обусловленная особенностями использования информации в той или иной системе.

Одним из первых российских ученых обратившихся к проблеме оценки информации прагматического уровня, был А. А. Харкевич, который предложил принять за меру ценности информации количество информации, необходимое для достижения поставленной цели, т.е. рассчитывать приращение вероятности достижения цели.

Так, если до получения информации вероятность достижения цели равнялась p_0 , а после ее получения – p_1 , то ценность информации определяется как логарифм отношения вероятностей $\frac{p_1}{p_0}$:

$$I = \log_2 p_1 - \log_2 p_0 = \log_2 \frac{p_1}{p_0}. \quad (2.8)$$

Таким образом, ценность информации при этом измеряется в единицах информации, в данном случае в битах. Выражение (2.8) можно рассматривать как результат нормировки числа исходов.

Пример 6. На рис. 2.2 приведены три схемы, на которых приняты одинаковые значения числа исходов (2 и 6) для точек 0 и 1 соответственно.

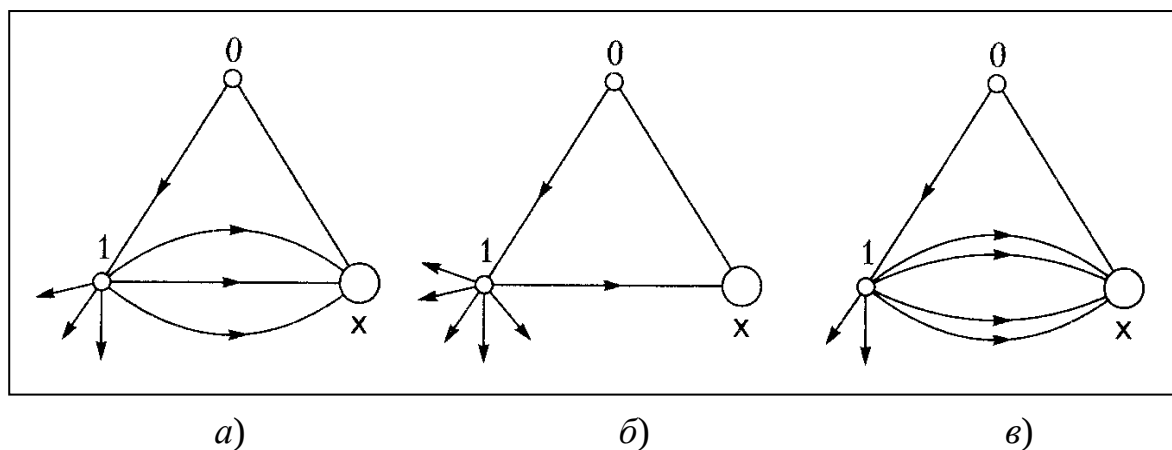


Рис. 2.2. Различная ценность информации

Исходное положение – точка 0. Для всех таких случаев $p_0 = 1/2$. На основании полученной информации совершается переход в точку 1. Цель обозначена крестиком. Благоприятные исходы изображены линиями, ведущими к цели.

Определим ценность полученной информации во всех трех случаях:

а) число благоприятных исходов равно трем: $p_1 = 3/6 = 1/2$ и, следовательно,

$$I = \log_2(p_1 / p_0) = \log_2 1 = 0;$$

б) имеется один благоприятный исход: $p_1 = 1/6$,

$$I = \log_2 \frac{1/6}{1/2} = -\log_2 3 \approx -1,58;$$

в) число благоприятных исходов равно четырем: $p_1 = 4/6 = 2/3$,

$$I = \log_2 \frac{2/3}{1/2} = \log_2 \frac{4}{3} \approx 0,42.$$

В примере «б» получена отрицательная ценность информации (отрицательная информация). Такую информацию, увеличивающую исходную неопределенность и уменьшающую вероятность достижения цели, называют дезинформацией.

2.3. Качество информации

Качество информации – совокупность свойств информации, характеризующих степень ее соответствия потребностям (целям, ценностям) пользователей (средств автоматизации, персонала и др.).

Составляющие качества информации отражены на рис. 2.3.

Выделяют внутреннее качество – содержательность (присущее собственно информации и сохраняющееся при ее переносе в другую систему) и внешнее – защищенность (присущее информации, находящейся или используемой только в определенной системе).

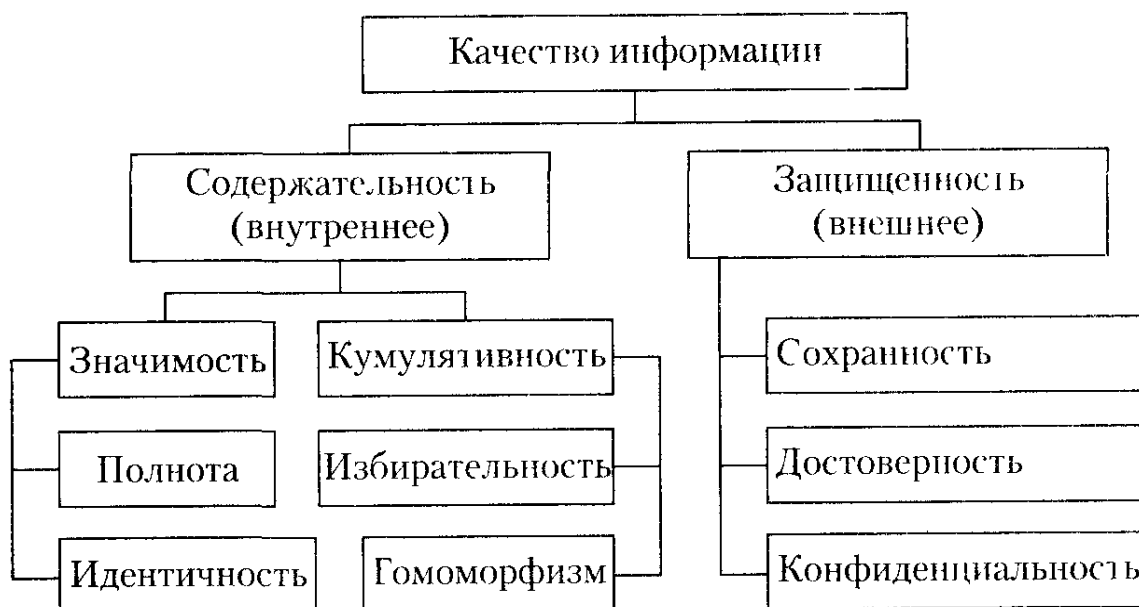


Рис. 2.3. Составляющие качества информации

Содержательность информации отражает семантическую емкость информации в информационных массивах (ИМ – массивах данных, массивах программ, сообщениях, фактах). Содержательность информации определяется такими свойствами, как значимость и кумулятивность.

Значимость информации – свойство информации сохранять ценность для потребителя с течением времени и не подвергаться моральному старению. Составляющими значимости являются полнота и идентичность.

Полнота информации характеризуется мерой ее достаточности для решения определенных задач. Полнота (достаточность) информации обеспечивает принятие правильного решения. Как неполная, так и избыточная информации снижают эффективность принимаемых пользователем решений.

Идентичность заключается в соответствии содержательной информации состоянию объекта. Нарушение идентичности связано с техническим старением информации, при котором происходит расхождение реальных признаков объектов и тех же признаков, отображенных в информации.

Кумулятивность информации – способность информации, заключенной в массиве небольшого объема, достаточно полно отображать действительность. К числу формально-технических приемов обеспечения кумулятивности относится агрегирование – получение сводных показателей различного уровня обобщения или выбор отдельных показателей из массивов исходных данных.

Таким образом, действительность отображается с помощью малого числа символов. Модели, отображающие реальный объект с помощью минимального набора характеристик, называются гомоморфными, соответствующее свойство – гомоморфизмом информации.

Информация, специально отобранная для конкретного потребителя, обладает определенным свойством – избирательностью. Это социально-психологическая составляющая свойства кумулятивности.

Избирательность информации – свойство содержательной информации, заключающееся в достаточно полном отображении действительности, представленной информационными массивами большого объема, с помощью малого числа информационных единиц на основе учета квалификации, опыта и других качеств конкретного потребителя.

Защищенность отражает внешнее качество информации, определяемое совокупностью свойств информации, обеспечивае-

мых системой контроля и защиты информации (СКЗИ) в конкретной информационной системе.

Основными из них являются достоверность, конфиденциальность и сохранность информации.

Достоверность информации характеризует степень соответствия реальных информационных единиц их истинному значению и определяется способностью СКЗИ обеспечить отсутствие ошибок переработки информации, искажений информационных массивов, их смыслового значения, замены символов из-за несовершенства организации (структуры) процесса переработки, несовершенства алгоритмов, ненадежной работы аппаратно-программных средств, ошибок пользователей.

Конфиденциальность позволяет информации сохранять предоставленный ей статус. Конфиденциальность информации характеризуется такими показателями, как доступность, скрытность и имитостойкость информации.

Доступность информации характеризуется степенью разграничения действий объектов ИС (операторов, задач, устройств, программ, подсистем) и заключается в возможности использования ИМ по требованию объектов системы, имеющих соответствующие полномочия (мандаты).

Скрытность информации характеризуется степенью маскировки информации и отражает ее способность противостоять раскрытию смысла ИМ, определению структуры хранимого ИМ или носителя, передаваемого ИМ, установлению факта передачи ИМ по каналам связи.

Имитостойкость информации определяется степенью ее защищенности от внедрения ИМ, имитирующих авторизованные (зарегистрированные) массивы, и заключается в способности не допустить навязывания дезинформации и нарушения нормального функционирования информационной системы.

Сохранность информации – свойство информации, характеризующее степень готовности определенных ИМ к целевому применению и определяемое способностью СКЗИ обеспечить постоянное наличие и своевременное предоставление ИМ, необходимых для автоматизированного решения целевых и функциональных задач системы, т.е. не допускать разрушения ИМ из-за несовершенства носителей, механических повреждений, неправильной эксплуатации, износа и старения аппаратных средств, ошибок персонала и несанкционированных корректировок, недостатков в программных средствах.

Задания по теме 2

Написать программу для решения следующей задачи:

1. Пусть имеется колода карт, содержащая 32 различные карты. При выборе одной карты имеются 32 возможности. Сколько информации несет сообщение о том, что из колоды карт вытащили бубнового короля?

2. В коробке 5 синих и 15 красных шариков. Какое количество информации несет сообщение, что из коробки достали синий шарик?

3. При бросании монеты выбор одного результата (например, выпадения орла) несет один бит информации, поскольку количество возможных равновероятных результатов $N = 2$ (орел или решка). Определить количество информации в сообщении о том, что выпала решка.

4. В коробке находятся кубики трех цветов: красного, желтого и зеленого. Причем желтых в два раза больше красных, а зеленых на 6 больше чем желтых. Сообщение о том, что из коробки случайно вытащили желтый кубик, содержало 2 бита информации. Сколько было зеленых кубиков?

5. Найдите объем текста, записанного на языке, алфавит которого содержит 128 символов. В сообщении содержится 2000 символов.

6. В колоде содержится 32 карты. Из колоды случайным образом вытянули туза, потом его положили обратно и перетасовали колоду. После этого из колоды опять вытянули этого же туза. Какое количество бит информации в сумме содержат эти два сообщения?

7. Какой объем информации содержит сообщение, уменьшающее неопределенность в 4 раза, при условии, что это сообщение снимает неопределенность до 1 бита?

8. Какое количество информации будет содержать зрительное сообщение о цвете вынутого шарика, если в непрозрачном мешочке находится 50 белых, 25 красных, 25 синих шариков?

9. В коробке лежат 16 кубиков. Все кубики разного цвета. Сколько информации несет сообщение о том, что из коробки достали красный кубик?

10. Шарик находится в одной из трех урн: A , B или C . Определить, сколько бит информации содержит сообщение о том, что он находится в урне B ?

11. Сообщение о том, что человек живет на 10-м этаже, несет 4 бита информации. Сколько этажей в доме?

12. В барабане для розыгрыша лотереи находится 32 шара. Сколько информации содержит сообщение о первом выпавшем номере (например, выпал номер 15)?

13. Даны два текста, содержащих одинаковое количество символов. Первый текст состоит из алфавита мощностью 16 символов, а второй текст – из 256 символов. Во сколько раз информации во втором тексте больше, чем в первом?

14. В корзине лежат 8 черных шаров и 24 белых. Сколько информации несет сообщение о том, что достали черный шар?

15. Из колоды выбрали 16 карт (все «картинки» и тузы) и положили на стол рисунком вниз. Верхнюю карту перевернули. Сколько информации будет заключено в сообщении о том, какая именно карта оказалась сверху? Сколько информации будет заключено в сообщении о том, что верхняя перевернутая карта оказалась черной дамой?

16. Пусть имеется колода из 32 карт (в колоде отсутствуют шестерки). Задумана одна карта (например, туз пик). Сколько двоичных вопросов нужно задать, чтобы отгадать задуманную карту?

17. В коробке лежат 64 цветных карандаша. Сообщение о том, что достали белый карандаш, несет 4 бита информации. Сколько белых карандашей лежало в коробке?

18. В колоде содержится 32 карты. Из нее наугад взяли 2 карты. Какое количество информации несет сообщение о том, что выбраны туз и король одной масти?

19. В корзине лежат белые и черные шары. Среди них 18 черных шаров. Сообщение о том, что из корзины достали белый шар, несет 2 бита информации. Сколько всего шаров в корзине?

20. В коробке имеется 50 шаров. Из них 40 белых и 10 черных. Из коробки вынимают шар. Вычислить количество информации в сообщении о попадании белого шара и черного шара.

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

22. 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?

23. При угадывании целого числа в некотором диапазоне было получено 8 бит информации. Сколько чисел содержал этот диапазон?

24. Какое количество вопросов достаточно задать, чтобы наверняка определить месяц, в котором родился человек?

25. Какое количество информации необходимо, чтобы отгадать одно число из набора чисел от 1 до 100?

26. В коробке находятся кубики трех цветов: красного, желтого и зеленого. Причем желтых в два раза больше красных, а зеленых на 6 больше чем желтых. Сообщение о том, что из коробки случайно вытащили желтый кубик, содержало 2 бита информации. Сколько было желтых кубиков?

27. В коробке находятся кубики трех цветов: красного, желтого и зеленого. Причем желтых в два раза больше красных, а зеленых на 6 больше чем желтых. Сообщение о том, что из коробки случайно вытащили желтый кубик, содержало 2 бита информации. Сколько было красных кубиков?

28. В коробке 5 синих и 15 красных шариков. Какое количество информации несет сообщение, что из коробки достали красный шарик?

29. Из колоды выбрали 16 карт (все «картинки» и тузы) и положили на стол рисунком вниз. Верхнюю карту перевернули. Сколько информации будет заключено в сообщении о том, какая именно карта оказалась сверху? Сколько информации будет заключено в сообщении о том, что верхняя перевернутая карта оказалась красным валетом?

30. Из колоды выбрали 16 карт (все «картинки» и тузы) и положили на стол рисунком вниз. Верхнюю карту перевернули. Сколько информации будет заключено в сообщении о том, какая именно карта оказалась сверху? Сколько информации будет заключено в сообщении о том, что верхняя перевернутая карта оказалась королем?

31. В колоде содержится 32 карты. Из нее наугад взяли 2 карты. Какое количество информации несет сообщение о том, что выбраны туз и король одной масти?

32. В составе 16 вагонов, среди которых К – купейные, П – плацкартные и СВ – спальные. Сообщение о том, что человек приезжает в СВ, несет 3 бита информации. Определить, сколько в поезде вагонов СВ.

3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В ЭВМ

3.1. Позиционные системы счисления и методы перевода чисел

В привычной для нас десятичной системе счисления используют 10 цифр: 0, 1, 2, ..., 9 и каждое число представлено как

$$N = \sum_{i=-r}^{n-1} a_i 10^i,$$

где i – номер разряда; a – одна из цифр от 0 до 9; r – количество разрядов в дробной части числа; n – количество разрядов в целой части числа.

Пример 7. Десятичное число 405,35 может быть представлено в виде

$$405,35 = 4 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 3 \cdot 10^{-1} + 5 \cdot 10^{-2}.$$

Но десятичная система счисления далеко не единственно возможная. В общем случае число N в некоторой позиционной системе счисления с основанием P записывается как

$$N = \sum_{i=-r}^{n-1} a_i P^i,$$

где a – цифра от 0 до $P - 1$; P – основание системы счисления.

Позиционными системами счисления называются такие, у которых вес каждой цифры a зависит от позиции в изображении числа.

Римская система счисления не является позиционной.

Максимальное целое число, которое может быть представлено в n разрядах:

$$N_{\max} = P^n - 1.$$

Минимальное значащее (не равное 0) число, которое можно записать в r разрядах дробной части:

$$N_{\min} = P^{-r}.$$

Для представления информации в ЭВМ используется двоичная или двоично-десятичная система счисления. В двоичной системе только две цифры 0 и 1. Важное достоинство двоичной системы счисления – удобство физического представления цифр.

Любое число в двоичной системе представляется несколькими двоичными разрядами, каждый разряд несет информацию равную 1 биту. Поэтому каждый разряд и называют просто битом.

Пример 8. Рассмотрим запись двоичного числа с дробной частью:

$$1010,001_2 = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} = 10,125_{10}.$$

Недостаток двоичной системы – слишком громоздкая запись.

Пример 9. Трехзначное число в десятичной записи имеет восьмиразрядную двоичную запись

$$173_{10} = 10101101_2.$$

Поэтому двоичная запись используется преимущественно «внутри» ЭВМ, а для представления двоичных чисел человеку часто применяют восьмеричную и шестнадцатеричную системы счисления. В восьмеричной используют цифры от 0 до 7.

Пример 10. Рассмотрим восьмеричную запись десятичного числа

$$257_8 = 2 \cdot 8^2 + 5 \cdot 8^1 + 7 \cdot 8^0 = 175_{10}.$$

В шестнадцатеричной используют цифры от 0 до 9 и добавляются новые цифры: $A = 10$, $B = 11$, $C = 12$, $D = 13$, $E = 14$, $F = 15$.

Пример 11. Рассмотрим шестнадцатеричную запись десятичного числа

$$\begin{aligned} 3E5A1_{16} &= 3 \cdot 16^4 + E \cdot 16^3 + 5 \cdot 16^2 + A \cdot 16^1 + 1 \cdot 16^0 = \\ &= 3 \cdot 16^4 + 14 \cdot 16^3 + 5 \cdot 16^2 + 10 \cdot 16^1 + 1 \cdot 16^0 = 255393_{10}. \end{aligned}$$

Чем больше основание СС, тем компактнее запись чисел.

Выше приведены примеры перевода чисел из двоичной, восьмеричной и шестнадцатеричной систем счисления в десятичную.

Алгоритм обратного перевода заключается в следующем. Число в десятичной системе счисления последовательно делится на основание системы счисления, в которую надо переводить. В качестве цифр нового представления берутся остатки от деления в обратном порядке, начиная с младшего остатка.

На рис. 3.1 приведен пример перевода числа 10, записанного в десятичной системе, в двоичную систему.

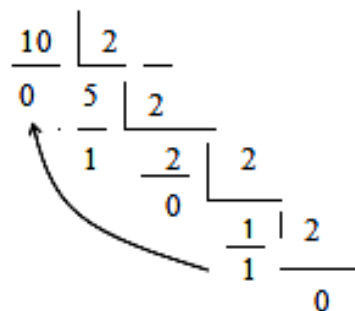


Рис. 3.1. Пример перевода целого числа из десятичной в двоичную СС

Таким образом, получаем $10_{10} = 1010_2$.

Для перевода дробных частей десятичных чисел используют следующий алгоритм.

Число в десятичной системе счисления необходимо последовательно умножать на основание системы счисления, в которую надо переводить. При этом умножать надо только очередную дробную часть, игнорируя возникающие целые части.

В качестве цифр берутся целые части результатов умножения.

Так происходит до тех пор, пока дробная часть не станет равной нулю или не достигается заданная точность.

На рис. 3.2 приведен пример перевода числа 0,625, записанного в десятичной системе, в двоичную систему счисления.

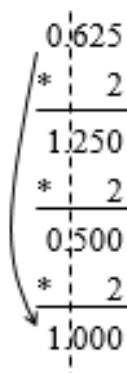


Рис. 3.2. Пример перевода дробного числа из десятичной в двоичную СС

Таким образом, получаем $0,625_{10} = 0,101_2$.

Для перевода из двоичной в восьмеричную систему счисления число в двоичной системе необходимо разбить по три цифры (на триады) справа налево и вместо каждой триады записать восьмеричную цифру, соответствующую двоичному коду триады.

Пример 12. Переведем двоичное число 1101111011_2 в восьмеричную систему счисления, тогда

$$\begin{array}{cccc} 001 & 101 & 111 & 011 \\ 1 & 5 & 7 & 3 \end{array}$$

Таким образом, $1101111011_2 = 1573_8$.

Аналогично, при переводе в шестнадцатеричную систему счисления двоичное число разбивается по четыре цифры (на тетрады).

Пример 13. Переведем двоичное число 1101111011_2 в шестнадцатеричную систему счисления:

$$\begin{array}{ccc} 0011 & 0111 & 1011 \\ 3 & 7 & 11 \end{array}$$

Таким образом, $1101111011_2 = 37B_{16}$.

Обратный перевод из восьмеричной или шестнадцатеричной системы счисления в двоичную очень прост, каждая цифра записывается в двоичном коде по триадам или тетрадам.

Пример 14. Рассмотрим обратный перевод восьмеричных и шестнадцатеричных чисел в двоичную систему:

$$\begin{aligned} 123_8 &= 1 \ 010 \ 011_2 \\ A17_{16} &= 1010 \ 0001 \ 0111_2 \end{aligned}$$

Для изображения двоичных чисел часто используют двоично-десятичную систему счисления.

В этой системе для изображения каждой десятичной цифры отводится тетрада.

Пример 15. Десятичное число 925 в двоично-десятичной системе запишется в виде 1001 0010 0101.

Следует обратить внимание, что эта запись отличается от двоичного изображения данного числа.

Пример 16. Двоично-десятичную запись из примера 15 можно рассматривать как изображение числа $100100100101_2 = 2341_{10}$.

3.2. Форматы представления чисел с фиксированной и плавающей запятой

ЭВМ содержит большое количество ячеек памяти и регистров, состоящих из двоичных разрядов (битов). Информация, хранимая

в такой ячейке, называется словом. Двоичное слово, состоящее из 2 байт, представлено на рис. 3.3

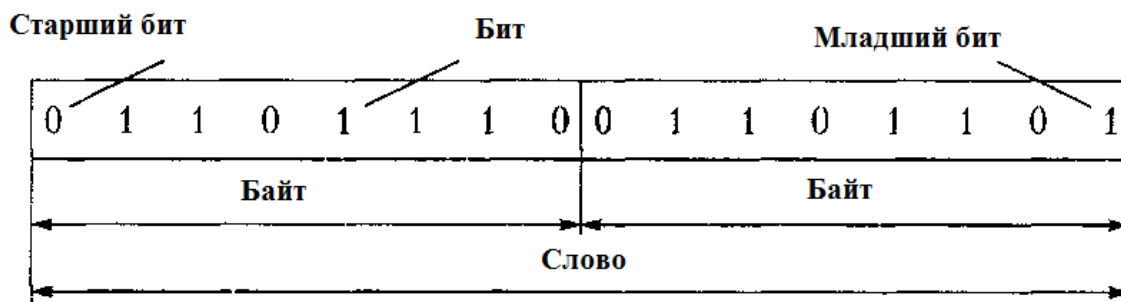


Рис. 3.3. Бит, байт и слово

Ячейки памяти и регистры состоят из элементов памяти. Каждый из таких элементов (триггер, магнитный сердечник, домен и т.п.) может принимать двоичное значение «есть сигнал/нет сигнала».

Обычно «1» кодируется электрическим напряжением порядка 4–5 В, а «0» соответствует 0 В.

В ЭВМ применяются две формы представления двоичных чисел:

- естественная форма или форма с фиксированной запятой (точкой);
- нормальная форма или форма с плавающей запятой (точкой).

С фиксированной запятой все числа изображаются в виде последовательности цифр с постоянным для всех чисел положением запятой, разделяющей целую часть от дробной.

В общем случае разрядная сетка ЭВМ с фиксированной запятой имеет вид (рис. 3.4).

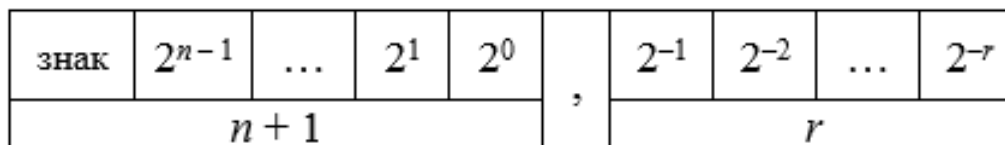


Рис. 3.4. Разрядная сетка для формы с фиксированной запятой

Эта форма наиболее проста, естественна, но имеет небольшой диапазон представления чисел и поэтому не всегда приемлема при вычислениях, так как при вычислениях может происходить переполнение разрядной сетки и дальнейшие вычисления теряют смысл.

Диапазон представления чисел по модулю для такой формы составляет

$$2^{-r} \leq |N| \leq 2^n - 2^{-r}.$$

В современных ЭВМ естественная форма представления используется как вспомогательная и только для целых чисел.

В формате с плавающей запятой каждое число изображается в виде двух групп цифр.

Первая группа цифр называется мантиссой, вторая – порядком, причем абсолютная величина мантиссы должна быть меньше 1, а порядок – целым числом.

В общем виде число в форме с плавающей запятой может быть представлено так:

$$N = \pm M \cdot P^{\pm s},$$

где M – мантисса числа ($|M| < 1$); s – порядок числа (s – целое число); P – основание системы счисления.

Нормальная форма представления имеет огромный диапазон отображения чисел и является основной в современных ЭВМ. Диапазон значащих чисел при наличии n разрядов у мантиссы и r разрядов у порядка (без учета знаковых разрядов порядка и мантиссы) будет:

$$2^{-n} 2^{-(2^r-1)} \leq N \leq (1 - 2^{-n}) 2^{(2^r-1)}.$$

Нормальная форма является основной в современных ЭВМ.

3.3. Двоичная арифметика. Прямой, обратный, дополнительный коды

3.3.1. Коды чисел

Целые числа могут представляться в компьютере без знака или со знаком.

Целые числа без знака обычно занимают в памяти компьютера один или два байта.

В однобайтовом формате могут быть записаны числа от 0 до $2^8 - 1$ (от 0 до 255). В Паскале этот тип данных обозначается *Byte*.

В двухбайтовом формате можно записать числа от 0 до $2^{16} - 1$ (от 0 до 65535).

Целые числа со знаком занимают в памяти компьютера 1, 2 или 4 байта (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Формат в бай- тах	Диапазон		Тип данных в Паскале
	запись с порядком	обычная запись	
1	$-2^7 \dots 2^7 - 1$	-128...127	<i>ShortInt</i>
2	$-2^{15} \dots 2^{15} - 1$	-32768...32767	<i>SmallInt</i>
4	$-2^{31} \dots 2^{31} - 1$	-2147483648...2147483647	<i>Integer</i>

Для записи чисел применяются прямой, обратный и дополнительный коды.

Прямой код используется для представления отрицательных чисел в запоминающем устройстве ЭВМ, а также при умножении и делении.

Обратный и дополнительный коды используются для замены операции вычитания операцией сложения, что упрощает устройство арифметического блока ЭВМ.

К кодам выдвигаются следующие требования:

1) разряды числа в коде жестко связаны с определенной разрядной сеткой;

2) для записи кода знака в разрядной сетке отводится фиксированный, строго определенный разряд.

В частности, если за основу представления кода взят один байт, то для представления числа будет отведено семь разрядов, а для записи кода знака один разряд.

Далее все примеры будут рассматриваться именно для однобайтового формата.

Прямой код двоичного числа совпадает по изображению с записью самого числа. Значение знакового разряда для положительных чисел равно 0, а для отрицательных чисел – 1.

Знаковым разрядом обычно является крайний левый разряд в разрядной сетке. В дальнейшем при записи кода знаковый разряд от цифровых условно будем отделять запятой.

Пример 17. Запишем прямой код положительного и отрицательного числа:

Число	Прямой код
+1101	0,0001101
-1101	1,0001101

Обратный код для положительного числа совпадает с прямым кодом. Для отрицательного числа все цифры числа инвертируются (заменяются на противоположные). Вместо 1 пишется 0, вместо 0 пишется 1, а в знаковый разряд заносится единица.

Пример 18. Построим обратные коды для чисел из предыдущего примера:

Число	Прямой код	Обратный код
+1101	0,0001101	0,0001101
-1101	1,0001101	1,1110010

Дополнительный код положительного числа совпадает с прямым кодом. Для отрицательного числа дополнительный код образуется путем получения обратного кода и добавлением к младшему разряду единицы.

Пример 19. Построим дополнительные коды для чисел из примера 17:

Число	Прямой код	Обратный код	Дополнительный код
+1101	0,0001101	0,0001101	0,0001101
-1101	1,0001101	1,1110010	1,1110011

3.3.2. Особенности сложения чисел в обратном и дополнительном кодах

При сложении чисел в обратном коде возникающая единица переноса в знаковом разряде прибавляется к младшему разряду суммы кодов.

При сложении чисел в дополнительном коде возникающая единица переноса в знаковом разряде отбрасывается.

Если результат арифметических действий является кодом отрицательного числа, необходимо преобразовать его в прямой код. При этом обратный код преобразуется в прямой заменой цифр во всех разрядах кроме знакового на противоположные. Дополнительный код преобразуется в прямой также, как и обратный, с последующим прибавлением единицы к младшему разряду.

Пример 20. Выполним сложение двоичных чисел X и Y в обратном и дополнительном кодах:

а) $X = 111$, $Y = -11$. В десятичной записи $7 + (-3) = 4$.

1) сложим числа, пользуясь правилами двоичной арифметики:

$$\begin{array}{r} X = _ 111 \\ Y = _ \underline{11} \\ X+Y = 100 \end{array}$$

2) сложим числа, используя коды:

Прямой код	Сложение в обратном коде	Сложение в дополнительном коде
$X_{\text{пр}} = 0,0000111$ $Y_{\text{пр}} = 1,0000011$	$X_{\text{обр}} = + 0,0000111$ $Y_{\text{обр}} = \underline{1,1111100}$ $1\ 0,0000011$ $\quad \quad \quad \rightarrow +1$ $(X+Y)_{\text{обр}} = 0,0000100$	$X_{\text{доп}} = + 0,0000111$ $Y_{\text{доп}} = \underline{1,1111101}$ $1)0,0000100$ $\swarrow$ отбрасывается $(X+Y)_{\text{доп}} = 0,0000100$

Так как результат сложения является кодом положительного числа (в знаковом разряде находится 0), то прямой, обратный и дополнительный коды суммы чисел совпадают.

б) $X = -101$, $Y = -110$. В десятичной записи $(-5) + (-6) = -11$.

1) сложим числа, пользуясь правилами двоичной арифметики:

$$\begin{array}{r} X = - 101 \\ Y = - \underline{110} \\ X+Y = -1011 \end{array}$$

2) сложим числа, используя коды:

Прямой код	Сложение в обратном коде	Сложение в дополнительном коде
$X_{\text{пр}} = 1,0000101$ $Y_{\text{пр}} = 1,0000110$	$X_{\text{обр}} = + 1,1111010$ $Y_{\text{обр}} = \underline{1,1111001}$ $1\ 1,1110011$ $\quad \quad \quad \rightarrow +1$ $(X+Y)_{\text{обр}} = 1,1110100$	$X_{\text{доп}} = + 1,1111011$ $Y_{\text{доп}} = \underline{1,1111010}$ $1)1,1110101$ $\swarrow$ отбрасывается $(X+Y)_{\text{доп}} = 1,1110101$

Так как сумма является кодом отрицательного числа (в знаковом разряде находится 1), то необходимо перевести результаты в прямой код:

– из обратного кода

$$(X + Y)_{\text{обр}} = 1,1110100 \rightarrow (X + Y)_{\text{пр}} = 1,0001011;$$

– из дополнительного кода

$$(X + Y)_{\text{доп}} = 1,1110101 \rightarrow (X + Y)_{\text{пр}} = 1,0001010 + 0,0000001 = 1,0001011.$$

Таким образом, $X + Y = -1011$ и полученный результат совпадают с обычной записью.

При переполнении разрядной сетки происходит перенос единицы в знаковый разряд. Это приводит к неправильному результату, причем положительное число, получившееся в результате арифметической операции может восприниматься как отрицательное (так как в знаковом разряде находится «1»), и наоборот.

Пример 21. При сложении следующих чисел возникает переполнение разрядной сетки:

$$\begin{array}{r} X = 0,1010110 \\ Y = 0,1101000 \\ \hline X + Y = 1,0111110 \end{array}$$

Здесь X и Y – коды положительных чисел, но ЭВМ воспринимает результат их сложения как код отрицательного числа (в знаковом разряде находится 1).

Для обеспечения корректности вычислений перед суммированием необходимо анализировать знаки слагаемых и результата. Разные знаки слагаемых или совпадение знаков слагаемых со знаком суммы свидетельствует о том, что результат будет корректным.

Для контроля за выполнением арифметических операций в процессоре ЭВМ (устройстве, в котором выполняются арифметические операции) содержатся два индикатора – индикатор переноса и индикатор переполнения. Каждый индикатор содержит 1 бит информации и может быть процессором установлен (в этом случае ему придается значение, равное 1) или сброшен (равен 0).

Индикатор переноса указывает на перенос из знакового бита, а индикатор переполнения – на перенос в знаковый бит.

Таким образом, после завершения операции, в которой происходит перенос в старший бит, процессор устанавливает индикатор переполнения; если такого переноса нет, то индикатор переполнения сбрасывается.

Индикатор переноса обрабатывается аналогичным образом.

После выполнения операции процессором ЭВМ сигнализирует о состоянии индикаторов и их можно проверить.

Если состояние индикаторов указывает на неправильный арифметический результат, то необходимо предпринять меры, ис-

правляющие эту ситуацию, пользователю ЭВМ представляется возможность контролировать правильность выполнения арифметических операций.

Способ обработки индикаторов процессором (установление или сброс) зависит от выполняемой операции, а не просто от того, были или нет переносы.

В одних случаях установка индикаторов будет происходить так, как описано выше.

В других случаях один или другой индикатор может быть установлен или сброшен независимо от того, происходил ли в действительности перенос в знаковый бит или из него, или есть случаи, когда индикаторы остаются без изменения.

Таким образом, правила для условий, при которых индикаторы устанавливаются, сбрасываются или остаются без изменения, зависят от выполняемой операции.

При конструировании ЭВМ эти условия учитываются, и аппаратура разрабатывается таким образом, чтобы индикаторы переноса и переполнения давали информацию о правильности выполнения операций в целом ряде обстоятельств. Например, правильность операции сложения определяется на основании следующих условий:

1. Если машинные слова интерпретируются как числа без знака, то результат сложения двух слов будет арифметически правильным тогда и только тогда, когда не будет переноса из знакового бита.

2. Если машинные слова интерпретируются как числа со знаком, то результат сложения:

- а) двух положительных чисел будет арифметически правильным тогда и только тогда, когда не будет переноса в знаковый бит;

- б) двух отрицательных чисел будет арифметически правильным тогда и только тогда, когда будет происходить перенос в знаковый бит, причем в этой ситуации перенос из знакового бита происходит всегда;

- в) отрицательного и положительного чисел всегда будет правильным, а перенос в знаковый бит будет происходить тогда и только тогда, когда будет также происходить перенос из знакового бита.

Таким образом, если в результате выполнения операции сложения происходит перенос из знакового бита, то индикатор переноса устанавливается, если нет, то индикатор переноса сбрасывается, т.е. состояние индикатора переноса, сброшенное или установлен-

ное, показывает соответственно правильность или неправильность операции сложения без учета знака.

Индикатор переполнения устанавливается, если два складываемых числа имеют один и тот же знак, а результат сложения получается с противоположным знаком; в противном случае он сбрасывается, т.е. индикатор переполнения устанавливается тогда и только тогда, когда происходит только один из переносов в знаковый бит или из него. Тем самым состояние индикатора переполнения (сброшенное или установленное) может использоваться для определения соответственно правильности или неправильности сложения с учетом знака.

Операции сложения и вычитания являются основными операциями в ЭВМ. Они легко выполняются и любые другие сложные операции (умножение, деление, тригонометрические функции и т.д.) могут быть сведены к многократным сложениям и вычитаниям.

3.4. Выполнение арифметических операций с плавающей запятой

3.4.1. Смещенный код

Смещенный код, или двоичный код с избытком, используется в ЭВМ для упрощения операций над порядками чисел с плавающей запятой. Он формируется следующим образом.

Сначала выбирается длина разрядной сетки – n и записываются последовательно все возможные кодовые комбинации в обычной двоичной системе счисления.

Затем кодовая комбинация с единицей в старшем разряде и нулями в других разрядах (равная 2^{n-1}) выбирается для представления числа 0.

Все последующие комбинации с единицей в старшем разряде будут представлять числа положительные числа 1, 2, 3,... соответственно, а предыдущие комбинации в обратном порядке – отрицательные числа $-1, -2, -3, \dots$

Двоичный код с избытком для 4-разрядной сетки представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Номер кодовой комбинации	Код с избытком 8	Десятичное значение
15	1111	7
14	1110	6
13	1101	5
12	1100	4
11	1011	3
10	1010	2
9	1001	1
8	1000	0
7	0111	–1
6	0110	–2
5	0101	–3
4	0100	–4
3	0011	–5
2	0010	–6
1	0001	–7
0	0000	–8

Пример 22. Числа 3 и –3 в формате со смещением для 4-разрядной сетки будут иметь представление 1011 и 0101 соответственно.

Очевидно, что разность значений кодовых комбинаций в обычном двоичном коде и двоичном коде с избытком для 4-разрядной сетки равна 8.

В связи с этим смещенный код для 4-разрядной сетки называют двоичным кодом с избытком 8. Смещенный код можно создать для любого значения n -разрядной сетки. При этом он будет называться двоичным кодом с избытком 2^{n-1} .

Данные коды используются для упрощения операций над порядками чисел с плавающей запятой.

Для записи порядка числа в восьми разрядах используется двоичный код с избытком 128.

В этом случае фактический порядок, принимающий значения в диапазоне от –128 до +127, представляется в виде смещенного порядка, значения которого меняются от 0 до 255, что позволяет работать с порядками как с целыми без знака.

3.4.2. Представление вещественных чисел и выполнение арифметических операций над ними в ЭВМ

Любое вещественное число N , представленное в системе счисления с основанием p , можно записать в виде

$$N = \pm M p^{\pm k},$$

где M – мантисса; k – порядок числа (целое число).

Пример 23. Десятичное число 234,47 или двоичное число 1011,01 в формате с плавающей запятой можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned} 234,47 &= 234470 \cdot 10^{-3} = 23447 \cdot 10^{-2} = 2344,7 \cdot 10^{-1} = 234,47 \cdot 10^0 = \\ &= 2,3447 \cdot 10^2 = 0,23447 \cdot 10^3 = \dots \end{aligned}$$

$$1011,01 = 101101 \cdot 10^{-10} = 1011,01 \cdot 10^0 = 10,1101 \cdot 10^{10} = 0,101101 \cdot 10^{100}.$$

Такое представление чисел называется представлением в формате с плавающей запятой, где порядок определяет, на сколько разрядов необходимо осуществить сдвиг относительно запятой.

Если плавающая запятая расположена в мантиссе перед первой значащей цифрой, то при фиксированном количестве разрядов, отведенных под мантиссу, обеспечивается запись максимального количества значащих цифр числа, т.е. максимальная точность представления числа.

Из этого следует, что мантисса должна быть правильной дробью ($|M| < 1$), у которой первая цифра a после запятой отлична от нуля, тогда

$$|M| = 0, a \dots$$

Для двоичной системы счисления $a = 1$, поэтому $|M| = 0,1 \dots$

Если это требование выполнено, то число называется нормализованным.

Нормализованная мантисса в двоичной системе счисления всегда представляется десятичным числом n , лежащим в диапазоне $0,5 < n < 1$.

Пример 24. Рассмотрим нормализованные представления чисел.

В десятичной системе:

$$753,15 = 0,75315 \cdot 10^3$$

$$-0,000034 = -0,34 \cdot 10^{-4}.$$

В двоичной системе:

$-101,01 = -0,10101 \cdot 10^{11}$, где порядок $11_2 = 3_{10}$;

$-0,000011 = -0,11 \cdot 10^{-100}$, где порядок $-100_2 = -4_{10}$.

Вещественные числа в компьютерах представляются в следующих форматах:

- одинарной точности;
- двойной точности;
- расширенном.

Все эти форматы имеют одинаковую структуру, представленную на рис. 3.5.

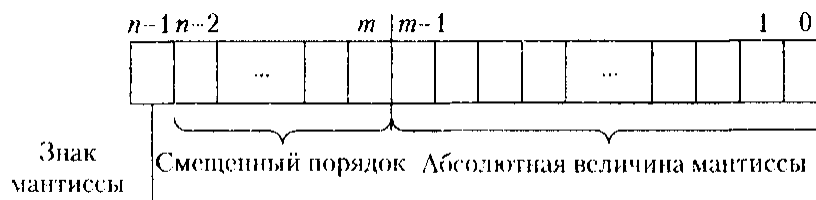


Рис. 3.5. Формат представления вещественных чисел

Здесь порядок n -разрядного нормализованного числа задается смещенным кодом, позволяющим производить операции над порядками как над беззнаковыми числами, что упрощает операции сравнения, сложения и вычитания порядков, а также операцию сравнения самих нормализованных чисел.

Нормализованное число одинарной точности (32 бита, тип данных *Single*), представленное в формате с плавающей запятой, хранится в памяти следующим образом: первый бит – знаковый (0 – для положительных чисел и 1 – для отрицательных), далее 8 бит для записи смещенного порядка и остальные 23 бита для записи мантииссы.

Следует отметить, что мантиисса нормализованного числа одинарной точности содержит 24 разряда, хотя для ее записи отведено всего 23 бита.

Это связано с тем, что старший разряд мантииссы нормализованного числа не записывается (так как всегда равен 1).

Он рассматривается как скрытый разряд, который при аппаратном выполнении операций автоматически восстанавливается и учитывается при выполнении операций. Порядок числа также учитывает скрытый старший разряд мантииссы.

Нормализованное число двойной точности (64 бита, тип данных *Real*) хранится в памяти следующим образом: первый бит –

знаковый (0 – для положительных чисел и 1 – для отрицательных), далее 11 бит для записи смещенного порядка и остальные 52 бита для записи мантииссы.

Мантиисса нормализованного числа двойной точности содержит 53 разряда. Старший бит мантииссы не хранится.

Расширенный формат (80 бит, тип данных *Extended*) позволяет хранить ненормализованные числа со знаком: первый бит – знаковый (0 – для положительных чисел и 1 – для отрицательных), далее 15 бит для записи смещенного порядка и остальные 64 бита для записи мантииссы.

Следует отметить, что вещественный формат с m -разрядной мантииссой дает возможность абсолютно точно представлять m -разрядные целые числа, т. е. любое двоичное целое число, содержащее не более m разрядов, может быть без искажений преобразовано в вещественный формат.

Пример 25. Рассмотрим представления положительных и отрицательных чисел с плавающей запятой в формате одинарной точности:

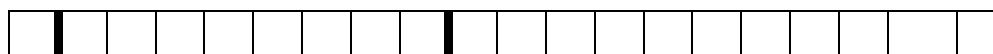
1) запишем положительное число в формате с плавающей запятой:

$$0,0996_{10} = 0,000110010111_2 = 0,110010111_2 \cdot 10_2^{(-3)_{10}}.$$

При этом порядок числа представляется двоичным кодом с избытком 128:

$$-3_{10} \rightarrow (-3 + 128)_{10} = 125_{10} = 01111101_2.$$

Тогда число в формате одинарной точности будет иметь вид:

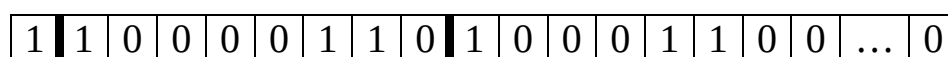


2) запишем отрицательное число в формате с плавающей запятой:

$$-49,5_{10} = -110001,100_2 = -0,1100011_2 \cdot 10_2^{(6)_{10}}.$$

При этом порядок числа представляется двоичным кодом с избытком 128:

$$6_{10} \rightarrow (6 + 128)_{10} = 134_{10} = 10000110_2$$



Введение термина «плавающая запятая» объясняется тем, что двоичный порядок, определяющий фактическое положение запятой в изображении числа, корректируется после выполнения каждой арифметической операции, т.е. запятая в изображении числа плавает (изменяется ее положение) по мере изменения данной величины.

3.4.3. Арифметические действия над нормализованными числами

При алгебраическом сложении и вычитании чисел, представленных в формате с плавающей запятой, сначала уравниваются порядки слагаемых. В процессе выравнивания порядков мантисса числа с меньшим порядком сдвигается в своем регистре вправо на количество разрядов, равное разности порядков операндов. После каждого сдвига порядок увеличивается на единицу. В результате выравнивания порядков одноименные разряды чисел оказываются расположенными в соответствующих разрядах обоих регистров, после чего мантиссы складываются или вычитаются. В случае необходимости полученный результат нормализуется путем сдвига мантиссы результата влево. После каждого сдвига влево порядок результата уменьшается на единицу. Ниже в примерах для упрощения расчетов порядок представлен в обычной двоичной форме.

Пример 26. Сложим двоичные нормализованные числа $0,10111 \cdot 10^{-1}$ и $0,11011 \cdot 10^{10}$. Разность порядков слагаемых равна трем, поэтому перед сложением мантисса первого числа сдвигается на три разряда вправо:

$$\begin{array}{r} 0,00010111 \cdot 10^{10} \\ + \\ 0,11011 \quad \cdot 10^{10} \\ \hline 0,11101111 \cdot 10^{10} \end{array}$$

Пример 27. Выполним вычитание двоичных нормализованных чисел $0,10101 \cdot 10^{10}$ и $0,11101 \cdot 10^1$. Разность порядков уменьшаемого и вычитаемого здесь равна единице, поэтому перед вычитанием мантисса второго числа сдвигается на один разряд вправо:

$$\begin{array}{r} 0,10101 \cdot 10^{10} \\ - \\ 0,011101 \cdot 10^{10} \\ \hline 0,001101 \cdot 10^{10} \end{array}$$

Результат получился не нормализованным, поэтому его мантисса сдвигается влево на два разряда с соответствующим уменьшением порядка на две единицы: $0,1101 \cdot 10^0$.

При умножении порядки складываются, а мантиссы перемножаются.

Пример 28. Выполним умножение двоичных нормализованных чисел:

$$\begin{aligned} (0,11101 \cdot 10^{101}) \cdot (0,1001 \cdot 10^{11}) &= (0,11101 \cdot 0,1001) \cdot 10^{(101+11)} = \\ &= 0,100000101 \cdot 10^{1000}. \end{aligned}$$

При делении порядок делителя вычитается из порядка делимого, а над мантиссами совершается обычная операция деления. В случае необходимости полученный результат нормализуется.

Пример 29. Выполним деление двоичных нормализованных чисел:

$$\begin{aligned} (0,1111 \cdot 10^{100}) : (0,101 \cdot 10^{11}) &= (0,1111 : 0,101) \cdot 10^{(100-11)} = \\ &= 1,1 \cdot 10^1 = 0,11 \cdot 10^{10}. \end{aligned}$$

Задания по теме 3

Даны два числа X и Y в десятичной системе счисления (табл. 3.3).

Написать программу, которая бы представляла результаты ручных расчетов при выполнении следующих действий:

1. Представить заданные числа в 2, 8 и 16-ичной системах счисления.
2. Перевести числа в дополнительный код и произвести сложение $X+Y$ и вычитание $X-Y$ этих чисел в однобайтовом формате. Результаты представить в дополнительном и прямом кодах.
3. Представить заданные числа с плавающей запятой в нормализованной форме одинарной точности.
4. Произвести сложение $X+Y$ и вычитание $X-Y$ чисел с плавающей запятой.

Таблиця 3.3

Номер варіанта	X	Y
1	65	63
2	32	-1
3	127	1
4	-125	1
5	-126	8
6	35	65
7	16	-66
8	125	10
9	12	32
10	67	-3
11	63	-7
12	32	64
13	8	-16
14	-64	-6
15	11	13
16	16	65
17	-8	-4
18	34	17
19	12	35
20	-34	63
21	-66	7
22	2	32
23	4	65
24	-5	9
25	3	64
26	-7	8
27	27	-1
28	1	-125
29	1	127
30	32	-30
31	33	-4
32	-1	-8

4. ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

4.1. Понятие алгоритма и его свойства

Под алгоритмом понимают конечную совокупность точно сформулированных правил, которые позволяли решать те или иные классы задач.

Основные свойства «интуитивного» понятия алгоритма:

1) дискретность означает то, что алгоритм должен быть разбит на отдельные достаточно простые действия, причем выполнение каждого шага начинается после завершения предыдущего;

2) массовость подразумевает, что алгоритм позволяет решать не одну конкретную задачу, а некоторый класс задач данного типа, но при этом обеспечивается возможность изменения исходных данных в определенных пределах;

3) детерминированность означает, что процесс применения правил к исходным данным (путь решения задачи) однозначно определен;

4) результативность означает, что на каждом шаге процесса известно, что считать результатом этого процесса, а сам процесс должен прекратиться за конечное число шагов;

5) инвариантность означает независимость от исполнителя (человека, ЭВМ, операционной системы, языка программирования).

В общем случае при составлении алгоритма конкретной задачи актуальное значение имеет такое представление алгоритма, которое позволяет наиболее быстро реализовать его механизированным путем, в частности, с помощью ЭВМ.

При этом для решения задачи с помощью ЭВМ ее необходимо запрограммировать, представить алгоритм решения задачи в виде последовательности команд, которые может выполнять машина.

Однако процесс записи алгоритма в виде последовательности машинных команд очень длительный и трудоемкий. Его также можно автоматизировать, если использовать для записи алгоритмов алгоритмические языки, представляющие собой набор символов и терминов, связанных синтаксической структурой.

Алгоритмы, записанные на алгоритмическом языке, автоматически с помощью специальной программы-транслятора переводятся в машинные программы для конкретной ЭВМ.

Алгоритм – конечный набор правил или команд (указаний), позволяющий исполнителю решать любую конкретную задачу из некоторого класса однотипных задач.

Исполнителем может быть человек, группа людей, станок, компьютер.

Основными формами представления алгоритма являются: словесное описание, псевдокод, блок-схема, алгоритмический язык программирования.

4.2. Принцип программного управления

В ЭВМ вся последовательность команд на вычисление предварительно записывается в память вычислительной машины и выполняется последовательно автоматически. Впервые принцип вычислительной машины с автоматическим выполнением команд предложил американский ученый фон Нейман. Он описал основные узлы, которые должна содержать такая машина. Этот принцип получил название фон-неймановской вычислительной машины. Большинство современных ЭВМ в настоящее время построено именно по такому принципу.

Машина фон Неймана состояла из памяти, представлявшей собой набор регистров, арифметико-логическое устройство (АЛУ), устройства ввода-вывода и устройства управления (УУ).



Рис. 4.1. Структура машины фон Неймана

Устройство ввода передает команды и данные в АЛУ, откуда они записываются в память. Все команды, совокупность которых называется программой, записываются в память в соседние ячейки

по возрастанию их адресов, а данные, которые требуют обработки, – в ячейки с произвольными адресами. Последняя команда программы – это обязательно команда остановки работы.

Каждая команда содержит код операции, которую необходимо выполнить, и адреса ячеек, в которых находятся данные, обрабатываемые этой командой. Устройство управления содержит специальный регистр, который называется «Счетчик команд».

После загрузки программы и данных в память в счетчик команд записывается адрес первой команды программы. После чего вычислительная машина переходит в режим автоматического выполнения программы.

Устройство управления считывает из памяти содержимое ячейки памяти, адрес которой находится в счетчике команд, и помещает его в специальное устройство – «Регистр команд». Регистр команд хранит команду во время ее исполнения.

Устройство управления расшифровывает тип операции команды, считывает из памяти данные, адреса которых указаны в команде, и приступает к ее выполнению.

Для каждой команды устройство управления имеет свой алгоритм обработки, который заключается в выработке управляющих сигналов для всех остальных устройств машины.

Этот алгоритм реализован на основе комбинационных логических схем или с помощью специальной внутренней памяти, куда эти алгоритмы были записаны в виде микрокоманд, объединенных в микропрограммы.

Выполнение микропрограммы происходит по тому же принципу, что и программы в основной памяти, т.е. по принципу фон Неймана. Каждая микрокоманда содержит набор управляющих сигналов для устройств машины.

Микропрограмма выполнения любой команды обязательно содержит сигналы, изменяющие содержимое счетчика команд на единицу. Таким образом, после завершения выполнения очередной команды счетчик команд указывает на следующую ячейку памяти, в которой находилась следующая команда программы.

Устройство управления считает команду, адрес которой находится в счетчике команд, и помещает ее в регистр команд. Этот процесс продолжается до тех пор, пока очередная исполняемая команда не оказывается командой остановки исполнения программы.

И команды, и данные, находящиеся в памяти, представляют собой целочисленные двоичные наборы.

Отличить команду от данных устройство управления не может, поэтому если программист забыл закончить программу командой *останова*, устройство управления читает следующие ячейки памяти, в которых уже нет команд программы, и пытается интерпретировать их как команды.

Особым случаем можно считать команды безусловного или условного перехода, когда требуется выполнить команду, не следующую по порядку за текущей, а отстоящую от данной на какое-то количество адресов. В этом случае команда перехода содержит адрес ячейки, куда требуется передать управление.

Этот адрес записывается устройством управления непосредственно в счетчик команд и происходит переход на соответствующую команду программы.

4.3. Классификация компьютерных средств обработки информации

Основной вид классификации средств обработки данных — классификация по производительности и характеру использования компьютеров.

В соответствии с этой классификацией компьютерные средства обработки можно условно подразделить на:

- микрокомпьютеры;
- мэйнфреймы;
- суперкомпьютеры.

Границы между этими классами весьма размыты. Кроме того, рассмотренная классификация учитывает только автономное использование вычислительных систем. В настоящее время преобладает тенденция объединения разных вычислительных систем в вычислительные сети различного масштаба.

Вычислительная (компьютерная) сеть — комплекс территориально распределенных ЭВМ и терминальных устройств, соединенных между собой каналами передачи данных.

Оценка производительности ЭВМ всегда приближительна, поэтому для характеристики ЭВМ вместо производительности обычно указывают тактовую частоту, более объективно определяющую быстродействие машины, так как каждая операция требует для своего выполнения вполне определенного количества тактов.

Такт — время однократного срабатывания логического элемента.

Во всех ЭВМ есть специальное устройство – генератор тактовой частоты, которое выдает тактирующие импульсы, инициирующие срабатывание схем.

Прежде чем логический элемент снова выполнит какую-либо минимальную функцию (микрооперацию), должно пройти некоторое время, называемое тактом. Зная тактовую частоту и количество тактов, требуемые для выполнения той или иной команды, можно достаточно точно определить время ее выполнения.

Часто для оценки производительности ЭВМ используют некоторое число FLOPS (операций над числами с плавающей точкой в секунду).

Пример 30. Возможные значения чисел FLOPS:

100 MFLOPS (МФЛОПС) – 100 млн (Mega) операций над числами с плавающей точкой в секунду;

100 GFLOPS (ГФЛОПС) – 100 млрд (Giga) операций в секунду над числами с плавающей точкой в секунду.

Микрокомпьютеры ранее характеризовались наличием микропроцессора – центрального процессора, выполненного в виде одной микросхемы.

В настоящее время микропроцессоры используются во всех без исключения классах ЭВМ, а к микрокомпьютерам относят более компактные по сравнению с мэйнфреймами ЭВМ.

Производительность компьютера определяется не только характеристиками применяемого микропроцессора, но и емкостью оперативной памяти, типами периферийных устройств.

Разновидностью микрокомпьютера является микроконтроллер. Это основанное на микропроцессоре специализированное устройство, встраиваемое в систему управления или технологическую линию.

Персональные компьютеры – это микрокомпьютеры универсального назначения, рассчитанные на одного пользователя и управляемые одним человеком.

Мэйнфреймы предназначены для решения широкого класса научно-технических задач и являются сложными и дорогими машинами. Их целесообразно применять в больших системах при наличии не менее 200–300 рабочих мест, при этом каждое рабочее место оснащается лишь терминалом, без собственных вычислительных мощностей. Централизованная обработка данных на мэйнфрейме обходится значительно дешевле, чем распределенная обработка при клиент-серверном подходе с использованием микроЭВМ.

Известный мэйнфрейм S/390 фирмы IBM обычно оснащаем не менее чем тремя процессорами. Производительность его процессоров, пропускная способность каналов, объем оперативного хранения позволяют наращивать число рабочих мест в широком диапазоне с помощью простого добавления процессорных плат, модулей оперативной памяти и дисковых накопителей.

Суперкомпьютеры представляют собой очень мощные ЭВМ. Они выполняют сложнейшие расчеты почти мгновенно – более 1 трлн вычислений в секунду (1 TFLOPS).

СуперЭВМ создаются в виде высокопараллельных многопроцессорных вычислительных систем. Традиционно суперкомпьютеры используются в научной и военных сферах для решения таких задач, как прогноз погоды, моделирование ядерных испытаний.

Самый быстрый компьютер в мире Tianhe-2 создан в Китае. Его скорость вычислений составляет 33 петафлопс (10^{15}).

4.4. Архитектура, состав и назначение основных элементов персонального компьютера

Реальная структура современного компьютера значительно сложнее, что обусловлено стремлением к повышению его производительности и функциональных возможностей (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Архитектура современной ЭВМ

Так, в структуре персональной ЭВМ появилась кэш-память, введены каналы прямого доступа к оперативной памяти, используемые для обмена данными с устройствами ввода/вывода, минуя микропроцессор.

Периферийные устройства подключаются к аппаратуре компьютера через специальные контроллеры (К) или адаптеры (А) – устройства управления, освобождая процессор от непосредственного управления данным оборудованием.

В архитектуре персонального компьютера появился сопроцессор – устройство, функционирующее параллельно с главным процессором и выполняющее специфические операции: например, математический сопроцессор предназначен для сложных математических вычислений.

Системный блок является центральной частью ПК. В корпусе системного блока размещены внутренние устройства ПК. В состав системного блока входят следующие устройства:

- системная (материнская) плата с микропроцессором;
- оперативная память;
- накопитель на жестком магнитном диске;
- контроллеры или адаптеры для подключения и управления внешними устройствами ПК (монитором, звуковыми колонками и др.);
- порты для подключения внешних устройств (принтер, мышь и др.);
- внешние запоминающие устройства (ВЗУ) для гибких магнитных дисков и лазерных дисков типа CD-ROM и DVD-ROM.

Системная плата является интегрирующим (объединяющим) узлом ПК. Системная плата во многом определяет конфигурацию ПК, поскольку от ее параметров зависит тип используемого микропроцессора, максимальный объем оперативной памяти, количество и способы подключения внешних устройств ПК и другие характеристики.

Микропроцессор (или процессор) – это главная микросхема компьютера. Он запускает программный код, находящийся в памяти, и управляет всеми устройствами компьютера либо напрямую, либо через соответствующие контроллеры.

Основой любого микропроцессора является ядро, которое состоит из миллионов транзисторов, расположенных на кристалле кремния.

Микропроцессор имеет специальные ячейки, которые называются регистрами общего назначения (РОН). Работа процессора

состоит в выборе из памяти в определенной последовательности команд и данных и их выполнении. Для повышения быстродействия ПК микропроцессор снабжен внутренней кэш-памятью.

Процессоры Intel, используемые в IBM-совместимых ПК, насчитывают более тысячи команд и относятся к процессорам с расширенной системой команд – CISC-процессорам (CISC – Complex Instruction Set Computing).

Обмен данными и командами между внутренними устройствами ПК происходит по проводникам многожильного кабеля – системной шине.

Основной задачей системной шины является передача данных между процессором и остальными электронными узлами компьютера.

Различают три вида шин:

- шина данных;
- шина адреса;
- шина команд.

Шина данных передает данные из оперативной памяти в РОН процессора, и наоборот.

В ПК на базе процессоров Intel Pentium шина данных 64-разрядная и за один такт на обработку поступает сразу 8 байт данных.

Шина адреса используется для передачи адресов ячеек оперативной памяти, в которых находятся команды, выполняемые процессором. Кроме этого, по этой шине передаются данные, с которыми оперируют команды.

В современных процессорах адресная шина 32-разрядная, т.е. она состоит из 32 параллельных проводников.

Шина команд используется для получения из оперативной памяти команд, выполняемых процессором. Команды представлены в виде байтов. Простые команды занимают один байт, а более сложные – два, три и больше байтов.

Большинство современных процессоров имеют 32-разрядную командную шину, хотя существуют 64-разрядные процессоры с 64-разрядной командной шиной.

Основным шинным интерфейсом системных плат является шина USB.

USB (Universal Serial Bus) – универсальная последовательная шина, которая является обязательным элементом современного ПК.

Она пришла на смену устаревшим параллельным и последовательным портам. Шина USB представляет собой последовательный интерфейс передачи данных для средне- и низкоскоростных периферийных устройств и позволяет подключить до 256 разных устройств с последовательным интерфейсом. Шина USB поддерживает автоопределение (Plug and play) новых устройств, а также так называемое «горячее» подключение, т.е. подключение к работающему компьютеру без его перезагрузки.

Скорость передачи данных по USB составляет 1,5 Мбит/с.

Кроме рассмотренного, используются и другие типы шин:

- ISA (Industry Standard Architecture);
- PCI (Peripheral Component Interconnect);
- FSB (Front Side Bus);
- AGP (Advanced Graphic Port).

Все виды запоминающих устройств, расположенные на системной плате, образуют внутреннюю память ПК, к которой относятся:

- оперативная память;
- сверхоперативная память (кэш-память);
- постоянная память.

Оперативная память RAM (Random Access Memory) используется для хранения исполняемых в данный момент программ и необходимых для этого данных.

Через оперативную память происходит обмен командами и данными между микропроцессором, внешней памятью и периферийными устройствами. Высокое быстродействие определяет название (оперативная) данного вида памяти.

Ключевой особенностью оперативной памяти является ее энергозависимость: данные хранятся в ней только при включенном компьютере.

По физическому принципу действия различают динамическую память DRAM и статическую память SRAM.

Динамическая память при всей простоте и низкой стоимости обладает существенным недостатком, заключающимся в необходимости периодической регенерации (обновлении) содержимого памяти.

Микросхемы динамической памяти используются как основное оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), а микросхемы статической – для кэш-памяти.

Кэш-память (Cache memory) используется для повышения быстродействия ПК. Принцип «кэширования» заключается в использовании быстродействующей памяти для хранения наиболее часто используемых данных или команд, при этом сокращается количество обращений к более медленной оперативной памяти.

Постоянная память ROM (Read Only Memory) предназначена для хранения неизменяемой информации и размещается в микросхеме постоянного запоминающего устройства (ПЗУ).

Микросхема ПЗУ способна продолжительное время сохранять информацию даже при отключенном компьютере, поэтому постоянную память также называют энергонезависимой памятью.

Комплект программ, находящийся в ПЗУ, составляет базовую систему ввода/вывода BIOS (Basic Input/Output System). BIOS содержит программы управления клавиатурой, видеокартой, дисками, портами и другими устройствами.

Основное назначение этих программ состоит в том, чтобы проверить состав и работоспособность системы и обеспечить взаимодействие основных узлов ПК до загрузки какой-либо операционной системы.

Кроме этого, в BIOS входит программа тестирования, которая выполняется при включении компьютера.

4.5. Устройства ввода/вывода

Устройства ввода и вывода (ввода/вывода) являются обязательными элементами любой ЭВМ, поскольку именно они обеспечивают взаимодействие пользователя с вычислительной системой.

С одной стороны, пользователь вводит команды или данные в компьютер через устройства ввода для их обработки, с другой – вычислительная система выдает пользователю результаты своей работы посредством устройств вывода.

Все устройства ввода/вывода ПК относятся к периферийным устройствам и подключаются к микропроцессору через системную шину и соответствующие контроллеры.

С развитием вычислительной техники существенное развитие получили и устройства ввода/вывода.

К основным устройствам ввода относятся клавиатура, мышь, сканер, джойстик, трекбол, графический планшет.

Клавиатура предназначена для ввода алфавитно-цифровых данных и команд управления в интерактивном режиме взаимодействия ПК и пользователя.

Клавиатура – стандартное средство ПК, поэтому для реализации ее основных функций не требуется наличие специальных системных программ (драйверов).

Необходимое программное обеспечение для работы с клавиатурой находится в микросхеме постоянной памяти в составе базовой системы ввода-вывода BIOS. Стандартная клавиатура включает от 101 до 104 клавиш, размещенных по стандарту QWERTY (в верхнем левом углу алфавитной части клавиатуры находятся клавиши Q, W, E, R, T, Y).

Клавиши клавиатуры разбиты на несколько функциональных групп:

- алфавитно-цифровые;
- функциональные;
- управления курсором;
- служебные;
- клавиши дополнительной панели.

Алфавитно-цифровые клавиши (русские и латинские символы, цифры, специальные символы) используются для ввода знаковой (символы алфавита) информации и команд, которые набираются по буквам, при этом каждая клавиша может работать в двух режимах (регистрах).

Переключение между нижним регистром (ввод маленьких символов) и верхним регистром (ввод больших символов) осуществляется при нажатии клавиши <Shift> (нефиксированное переключение) или с помощью клавиши <Caps Lock> (фиксированное переключение).

Группа функциональных клавиш включает двенадцать клавиш с обозначением F1–F12, расположенных в верхней части клавиатуры. Функции этих клавиш зависят от работающей в текущий момент времени программы, а в некоторых случаях и от операционной системы.

Клавиши управления курсором (↑, →, ↓, ←) подают команды на передвижение курсора по экрану монитора относительно текущего изображения. Курсором называется экранный элемент, указывающий на место ввода знаковой информации. К этой группе, помимо указанных клавиш, относятся клавиши <Page Up> и <Page Down>, прокручивающие текст на страницу вверх или вниз соответственно, а также клавиши <Home> и <End>, устанавливающие курсор на начало и конец строки соответственно.

Служебные клавиши используются для разных вспомогательных целей, таких как изменение регистра, включение режима вставки, образование комбинаций «горячих» клавиш и т.д. К этой группе относятся такие клавиши, как <Shift>, <Enter>, <Ctrl>, <Alt>, <Esc>, , <Ins>, <Backspace> и др.

Группа клавиш дополнительной панели дублирует действие цифровых клавиш, клавиш управления курсором и некоторых служебных клавиш. Основное их назначение – ввод чисел, поэтому клавиши размещены в порядке, удобном для такой работы. Переход в режим дублирования клавиш управления курсором, и наоборот, осуществляется нажатием на клавишу <Num Lock>.

Манипулятор «мышь» – наиболее распространенный манипулятор, позволяющий перемещать указатель (курсор мыши) по экрану дисплея и указывать им на определенные объекты на экране (вводить в компьютер координаты выбранной точки на экране).

Наиболее простыми являются механические мыши, в основании которых имеется шарик, вращающийся при перемещении мыши по ровной поверхности.

Более дорогой и сложной, но более точной и надежной является оптическая мышь, перемещающаяся на планшете, покрытом сеткой линий (отражающих или поглощающих свет).

Для работы с мышью требуется наличие специальной системной программы – драйвера. Драйвер манипулятора устанавливается при его подключении или при загрузке операционной системы. Разные модели манипуляторов могут иметь две или три кнопки. В последнее время появились мыши, использующие вместо средней кнопки колесо (мыши NET Scroll).

Беспроводные мыши могут использовать технологию Bluetooth или специальный USB-передатчик для связи с компьютером. Bluetooth-мыши не занимают порт USB и совместимы с разными устройствами, но могут иметь проблемы с синхронизацией и потреблять больше энергии. Мыши с передатчиком обеспечивают более стабильную и быструю связь, но требуют наличия свободного порта USB и могут вызывать помехи другим беспроводным устройствам.

Трекбол – устройство, по принципу работы аналогичное мыши, но в отличие от нее устанавливаемое стационарно. Шарик трекбола, как правило, встраивается в клавиатуру и приводится в движение ладонью руки. Трекбол обычно используют в портатив-

ных компьютерах – ноутбуках, поскольку он не нуждается в гладкой рабочей поверхности.

Джойстик – манипулятор, выполняемый в виде рычажка (ручки) на массивном основании. Управляющие сигналы вырабатываются движениями ручки и нажатием кнопок (подобных кнопке мыши), расположенных на ней. Джойстики чаще всего используют для управления объектами в компьютерных играх.

Графический планшет (дигитайзер, от англ. *digitizer* – «оцифровыватель») покрыт сеткой пьезоэлементов, вырабатывающих электрический ток при механическом воздействии.

Дигитайзеры, как правило, используются для ввода карт или планов в ЭВМ. Для этого на графическом планшете размещается лист с изображением, и надавливанием по контуру изображения в компьютер вводятся координаты точек.

Сканер – это устройство оптического ввода, предназначенное для ввода в ПК черно-белых или цветных изображений, а также для считывания текста с бумажного носителя для последующей обработки. Сканированные оригиналы оцифровываются и после ввода в ПК обрабатываются с помощью специального программного обеспечения (например, для распознавания текста – программа FineReader), а затем сохраняются в виде текстового или графического файла.

Сканеры подразделяются на планшетные и ручные.

В планшетных сканерах оригинал помещается на стекло, под которым перемещается оптико-электронное считывающее устройство. В барабанных сканерах оригинал протягивается барабаном мимо неподвижного считывающего устройства. Барабанные сканеры не позволяют сканировать книги, переплетенные брошюры.

Ручной сканер плавно перемещается вручную по поверхности оригинала.

Основными характеристиками сканеров являются разрешающая способность и глубина цвета. Сканер воспринимает любой объект как набор отдельных точек (пикселей). Плотность пикселей (количество на единицу площади) называется разрешающей способностью сканера и измеряется в dpi (количество точек на дюйм).

Качество сканирования зависит от оптической разрешающей способности (определяется количеством светочувствительных элементов матрицы на дюйм) и механической разрешающей способности (определяется дискретностью движения светочувствительного элемента или системы зеркал относительно листа).

Существуют черно-белые и цветные сканеры.

Современные цветные сканеры поддерживают глубину цвета до 32 разрядов (т.е. цвет одного пикселя кодируется 32-разрядным двоичным словом) при разрешающей способности 1200 dpi.

К основным устройствам вывода относятся монитор и принтер.

Монитор (дисплей), как и клавиатура, является обязательным элементом ПК, предназначенным для вывода на экран текстовой и графической информации. Соответственно, монитор может работать в двух режимах: текстовом и графическом. В текстовом режиме экран разбивается на знакоместа, на каждое из которых выводится один из 256 символов таблицы стандарта ASCII. В графическом режиме на экран выводятся изображения по пикселям.

По принципу формирования изображения наиболее распространенными являются мониторы на электронно-лучевой трубке, CRT (Cathode-Ray Tube) жидкокристаллические мониторы на тонкопленочных транзисторах, TFT-LCD (Thin-Film Transistor Liquid-Crystal Display).

Монитор с электронно-лучевой трубкой подобен телевизору и включает электронно-лучевую трубку, блок питания и блок управления лучом. Электронно-лучевая трубка представляет собой электронно-вакуумное устройство в виде стеклянной колбы, в горловине которой находится электронная трубка.

Изображение на экране монитора формируется из множества расположенных рядами светящихся точек-пикселей. Точки высвечиваются в результате удара электронного луча о внутреннюю поверхность экрана, на которую нанесен фосфоресцирующий состав – люминофор (в цветных мониторах люминофорные триады с красным, зеленым и синим излучением, из комбинации которых формируется требуемый цвет). Электронный луч, управляемый системой отклонения, обегает экран строку за строкой слева направо, сверху вниз, причем делает это десятки раз в секунду, благодаря чему изображение устойчиво для человеческого глаза.

В основе LCD-мониторов лежит технология формирования изображения с помощью жидких кристаллов. Жидкие кристаллы представляют собой молекулы, которые могут перетекать как жидкость. Эти молекулы пропускают свет, но под действием электрического заряда изменяют ориентацию. Монитор на жидких кристаллах отличается безбликовым плоским экраном и более низкой мощностью потребляемой энергии по сравнению с CRT-монитором.

Выводом изображения на экран монитора управляет специальное устройство – видеоадаптер (видеокарта). Видеоадаптер представляет собой плату расширения, которую вставляют в определенный слот материнской платы (в современных ПК – это слот AGP или PCI).

Видеоадаптер полностью управляет выводом изображения на экран монитора. Для этого он оснащен видеопамятью и собственным процессором.

Монитор как периферийное устройство подключается к системной шине ПК через один из разъемов видеоадаптера.

Сформированное изображение до вывода на экран хранится в видеопамяти видеоадаптера. Требуемый объем видеопамяти зависит от заданной разрешающей способности и палитры цветов, поэтому для работы в режимах с высокой разрешающей способностью и полноцветной гаммой нужно как можно больше видеопамяти.

Разрешающая способность определяется количеством пикселей по горизонтали и вертикали, например, 640×480 , 800×600 , 1024×768 , 1600×1200 и ряд других. Соотношение количества пикселей по горизонтали и вертикали отражает соотношение геометрических размеров экрана монитора, в данном случае 4:3.

Палитра цветов – это множество цветов, которые способна отображать видеосистема, она определяется количеством битов двоичного слова, которое используется для кодировки одного оттенка цвета. В цветных мониторах для кодировки цвета используется от 4 до 32 бит.

Требуемый минимальный объем видеопамяти определяется произведением количества пикселей по горизонтали на количество пикселей по вертикали (разрешающая способность) и на количество байтов двоичного слова, которым кодируется палитра цветов. Объем видеопамяти для мониторов MDA, CGA, EGA, VGA, SVGA и PGA изменяется от 128 Кб до 128 Мб.

Помимо разрешающей способности и палитры цветов к основным параметрам мониторов и видеоподсистемы в целом относятся размер монитора, частота кадровой развертки, параметры безопасности.

Размер монитора измеряется по диагонали в дюймах (1 дюйм = 2,54 см). Стандартные размеры: 14, 15, 17, 19 и 21 дюйм.

Наиболее распространены мониторы с диагональю 15 и 17 дюймов. Для работы с графикой предпочтительны мониторы размером 19 – 21 дюйм.

Частота кадровой развертки показывает частоту полного обновления изображения на экране. Частота регенерации измеряется в герцах (Гц).

Чем больше частота, тем менее заметно мерцание экрана и, соответственно, меньше усталость глаз.

Минимально допустимой считается частота в 75 Гц, нормальной – 85 Гц, комфортной – 100 Гц и больше.

По оценке специалистов, наиболее опасное воздействие на пользователя ПК оказывает электромагнитное излучение мониторов, которое можно снизить за счет использования различного рода защитных фильтров: сеточных, пленочных, металлизированных.

Следует также помнить, что при работе на ПК расстояние до экрана монитора должно быть не меньше 50 см.

Принтер – устройство вывода текста и графики на печать.

По способу нанесения красителя на бумагу различают следующие виды принтеров: матричные, струйные, лазерные.

В матричном принтере изображение выводится на бумагу с помощью специальной движущейся головки, в которой содержится несколько (9, 24 или 48) иголок, наносящих удары по листу бумаги через красящую ленту.

Матричные принтеры с небольшим количеством иголок имеют разрешение на уровне 140–200 dpi (точек на дюйм), более качественные – 24-игольчатые – до 360 dpi. Иголки, расположенные в печатающем узле, управляются электромагнитом. Во время продвижения печатающего узла по строке на бумаге появляются отпечатки символов, состоящие из точек.

В памяти принтера хранятся коды отдельных символов. Эти коды определяют, какие иголки следует активизировать для печати определенного символа.

Матричные принтеры, несмотря на все свои недостатки (низкую скорость печати, высокий уровень шума, низкое качество печати графики и текста и др.), находят применение в различных организациях (в банках, пунктах обмена валюты, паспортно-визовых службах) для печати финансовых и отчетных документов из-за высокой надежности печати от фальсификации.

В матричных принтерах краска «вбивается» иголками в бумагу, и поэтому подделать такой документ сложнее.

В струйных принтерах красящее вещество (чернила) из специальной емкости выдувается на бумагу с помощью системы капиллярных распылителей, число которых в среднем от 16 до 400, а в некоторых моделях цветных струйных принтеров – более 400.

Струйные принтеры используют два метода распыления чернил: пьезоэлектрический метод (фирма Epson) и метод газовых пузырьков (Hewlett Packard).

В первом случае распыление чернил выполняет специальная диафрагма, на которую воздействует пьезоэлемент.

Во втором случае каждый распылитель оборудован нагревающим элементом. При прохождении сквозь элемент микросекундного импульса тока чернила нагреваются до температуры кипения, и образуются пузырьки, выдавливающие чернила из распылителя на бумагу.

Цветная печать выполняется путем смешивания разных цветов в определенных пропорциях, поэтому принтеры оснащаются картриджами с разными цветами чернил. Печатающий узел проходит по одному месту листа несколько раз, нанося нужное количество чернил разного цвета. После смешивания чернил на листе появляется участок нужного цвета.

Струйные принтеры обладают высоким качеством печати черного текста и цветной графики до 3600x1200 dpi, благодаря чему позволяют печатать полноцветные фотографии.

Основной недостаток струйных принтеров заключается в высокой стоимости печати.

Лазерные принтеры являются самыми перспективными принтерами, обеспечивающими высокое качество (черно-белой) печати при низкой стоимости.

Элементами лазерного принтера являются источник света (лазер), светочувствительный барабан (фотобарабан), красящий порошок (тонер) и блок термического закрепления тонера.

В лазерных принтерах реализован метод электрофотографической печати. Под воздействием света на соответствующих участках фотобарабана скапливается электрический заряд. Источник света – лазер мощностью несколько десятков милливатт с длиной волны 700–800 нм, который точечно наэлектризовывает барабан со светочувствительным покрытием.

Для того чтобы покрыть всю область печати по ширине листа, луч отклоняется подвижной оптической системой, состоящей из линз и зеркал.

Частицы тонера прилипают к заряженным участкам барабана, после этого барабан контактирует с листом бумаги, электрический заряд которого противоположен заряду барабана. В результате частицы тонера переходят на бумагу. В блоке термического закрепле-

ния тонер закрепляется на бумаге под воздействием температуры и давления.

При цветной печати изображение формируется смешиванием тонеров разного цвета за четыре прохода листа через печатающий механизм. При каждом проходе на бумагу наносится определенное количество тонера одного цвета.

Цветной лазерный принтер является сложным электронным устройством с четырьмя емкостями для тонера, оперативной памятью, процессором и жестким диском, что, соответственно, увеличивает его габариты и стоимость, именно поэтому цветная лазерная печать пока не находит широкого применения.

Преимущества монохромной лазерной печати по сравнению со струйной заключаются в более высоком качестве печати текста, стойкости отпечатков к воздействию влаги и света, низкой стоимости печати, а также более высокой скорости печати.

Плоттер (графопостроитель) – устройство для вывода чертежей на бумагу. Их используют в проектных институтах, конструкторских бюро. Устройство плоттеров аналогично устройству струйных принтеров, только они значительно больше по размерам.

По конструкции плоттеры делятся на планшетные и рулонные.

В планшетных плоттерах материал, на который идет вывод, фиксируется, а печатающий узел перемещается в двух направлениях – по осям X и Y .

В рулонных плоттерах бумага перемещается в вертикальном направлении, а печатающий узел – в горизонтальном направлении. Более высокое качество вывода графической информации обеспечивают планшетные плоттеры.

Устройства связи предназначены для приема и передачи (ввода и вывода) информации между двумя и более ПК.

В зависимости от целого ряда параметров (типа линии связи, вида подключения, удаленности ПК) используются различные устройства связи.

Модем (модулятор-демодулятор) является устройством, преобразующим информацию к виду, в котором ее можно передавать по телефонным линиям связи.

Модемы выполняют цифроаналоговое преобразование цифровых сигналов ПК для их передачи по телефонной линии связи или аналого-цифровое преобразование аналоговых сигналов из линии связи в цифровые сигналы для обработки в ПК.

Модемы передают данные по обычным телефонным каналам со скоростью до 56 000 бит/с.

Также модемы осуществляют сжатие данных перед отправлением, поэтому их реальная скорость может превышать максимальную скорость модема.

Сетевой адаптер (сетевая плата) представляет собой электронное устройство, выполненное в виде платы расширения (адаптер может быть интегрирован в системную плату) с разъемом для подключения к линии связи. Сетевой адаптер используется для подключения ПК к локальной компьютерной сети.

4.6. Классификация программного обеспечения

Программное обеспечение (Software) – совокупность программ, выполняемых вычислительной системой и необходимых для ее эксплуатации документов.

Все программы по характеру использования и категорий пользователей подразделяют на два класса – утилитарные программы и программные продукты (изделия).

Утилитарные программы выполняют роль сервиса в технологии обработки данных либо являются программами решения функциональных задач, не предназначенных для широкого распространения.

Программный продукт – комплекс взаимосвязанных программ для решения определенной проблемы (задачи) массового спроса, подготовленный к реализации как любой вид промышленной продукции.

Выделяют три класса программных продуктов:

- системное программное обеспечение;
- инструментарий технологии программирования;
- пакеты прикладных программ.

Системное программное обеспечение – совокупность программ и программных комплексов для обеспечения работы компьютеров и сетей ЭВМ.

Системное ПО состоит из базового ПО, которое поставляется вместе с компьютером, и сервисного ПО, которое может быть приобретено дополнительно.

В базовое ПО входят:

- базовая система ввода-вывода (BIOS – Basic Input/Output System);

- операционная система (сетевая операционная система);
- операционные оболочки.

BIOS – совокупность программ, предназначенных для автоматического тестирования устройств после включения питания компьютера, загрузки операционной системы в оперативную память и обеспечения взаимодействия операционной системы и приложений с различными устройствами компьютера. Программные модули BIOS находятся в постоянном запоминающем устройстве ПЗУ.

Операционная система предназначена для управления выполнением пользовательских программ, планирования и управления вычислительными ресурсами ЭВМ. Она выполняет роль связующего звена между аппаратурой компьютера, с одной стороны, и выполняемыми программами, а также пользователем – с другой.

Операционная система обычно хранится во внешней памяти компьютера – на диске. При включении компьютера она считывается с дисковой памяти и размещается в оперативном запоминающем устройстве.

В настоящее время наиболее широко представлены операционные системы Windows, Linux, MacOS.

Операционные оболочки – специальные программы, предназначенные для облегчения общения пользователя с командами операционной системы.

К данному типу ПО относятся, в частности, Total Commander и Gnome Commander.

Сервисное ПО включает:

- программы контроля, тестирования и диагностики;
- программы-драйверы, которые расширяют возможности ОС по управлению устройствами ввода-вывода;
- программы-упаковщики (архиваторы), которые позволяют записывать информацию на дисках более плотно;
- антивирусные программы, предназначенные для предотвращения заражения компьютерными вирусами и ликвидации последствий заражения вирусами;
- программы оптимизации и контроля качества дискового пространства;
- программы восстановления информации, форматирования, защиты данных;
- программы обслуживания сети;
- программы для записи CD-ROM, CD-R и многие другие.

Программы, входящие в состав сервисного ПО, часто называются утилитами.

Они либо расширяют и дополняют соответствующие возможности ОС, либо решают самостоятельные важные задачи.

Инструментарий технологии программирования включает совокупность программ и программных комплексов, обеспечивающих технологию разработки, отладки и внедрения создаваемых программ.

Выделяют следующие группы инструментальных средств технологии программирования:

- локальные средства разработки приложений обеспечивают выполнение отдельных работ по созданию программ и включают языки и системы программирования, а также инструментальную среду пользователя;

- интегрированные среды разработки программ обеспечивают выполнение комплекса взаимосвязанных работ по созданию программ;

- CASE-технология (Computer-Aided System Engineering) предоставляет методы анализа, проектирования и создания программных систем и предназначена для автоматизации процессов разработки и реализации информационных систем.

Язык программирования – искусственный язык со строго определенным синтаксисом и семантикой, служащий для описания алгоритма решения задачи на компьютере.

Синтаксис – правила, определяющие допустимые конструкции языка.

Семантика – правила, определяющие значения (смысл) конструкций языка.

Языки программирования можно разделить на классы:

- машинные языки, воспринимаемые аппаратной частью компьютера (машинные коды);

- машинно-ориентированные языки, структура операторов которых определяется форматами команд конкретной ЭВМ (мнемокоды, автокоды, язык ассемблера);

- процедурно-ориентированные языки, имеющие возможность описания программы как совокупности процедур (подпрограмм) (Фортран, Бейсик, Паскаль);

- объектно-ориентированные, базирующиеся на объектной декомпозиции предметной области программы (Delphi, Visual Си++, Visual Basic);

– проблемно-ориентированные языки, предназначенные для решения задач определенного класса, например, задач искусственного интеллекта (Пролог, Лисп).

Программа, подготовленная на языке программирования высокого уровня, проходит этап трансляции.

Трансляторы реализуются в виде компиляторов или интерпретаторов.

Компилятор читает всю программу целиком, делает ее перевод и создает законченный вариант программы на машинном языке, который затем и выполняется.

Интерпретатор переводит и выполняет программу построчно.

После того как программа откомпилирована, ни сама исходная программа, ни компилятор более не нужны.

Программа, обрабатываемая интерпретатором, должна заново переводиться на машинный язык при каждом очередном запуске программы.

Откомпилированные программы работают быстрее, но интерпретируемые проще исправлять и изменять.

Системы программирования предоставляют пользователям мощные и удобные средства разработки программ (транслятор, редактор, отладчик, библиотеки).

Инструментальная среда пользователя включает специальные средства, встроенные в пакеты прикладных программ: библиотеки функций, процедур, объектов и методов обработки, макрокоманды, макросы, конструкторы экранных форм, отчетов и меню, языки запросов и манипулирования данными и др.

Дальнейшим развитием локальных средств разработки программ, которые объединяют набор средств для комплексного их применения на всех технологических этапах создания программ, являются интегрированные программные среды разработчиков.

Их основное назначение – автоматизация создания кодов программ, обеспечивающих интерфейс пользователя графического типа, разработка приложений для архитектуры клиент-сервер и др.

CASE-технологии позволяют использовать специальный комплекс средств автоматизации для проектирования, анализа программного обеспечения и его сопровождения, которые существенно повышают производительность труда программистов и улучшают качество программного обеспечения.

Пакет прикладных программ (ППП) – комплекс взаимосвязанных программ для решения задач определенного класса конкретной предметной области.

В общем случае ППП могут быть разделены на два больших класса: общего и специального назначения.

К ППП общего назначения можно отнести наиболее распространенные программные продукты, такие как текстовые и табличные процессоры, графические редакторы, системы управления базами данных, различные интегрированные пакеты и др.

Текстовый редактор – программа, используемая специально для ввода и редактирования текстовых данных. Наиболее известный текстовый редактор – Microsoft Word.

Графический редактор – программа, предназначенная для автоматизации процессов построения на экране дисплея графических изображений.

Графический редактор предоставляет возможности рисования линий, кривых, раскраски областей экрана, создания надписей различными шрифтами.

Большинство редакторов позволяют обрабатывать изображения, полученные с помощью сканеров. Примерами графических редакторов являются Paint, Adobe Photoshop и Corel DRAW.

Табличный процессор предназначен для обработки электронных таблиц.

Электронная таблица – компьютерный эквивалент обычной таблицы, состоящей из строк и столбцов, на пересечении которых расположены ячейки, содержащие числовую информацию, формулы или текст.

Наиболее популярен табличный процессор Microsoft Excel.

База данных – это один или несколько файлов данных, предназначенных для хранения, изменения и обработки больших объемов взаимосвязанной информации.

Система управления базами данных (СУБД) – система программного обеспечения, позволяющая обрабатывать обращения к базе данных, поступающие от прикладных программ конечных пользователей.

СУБД обеспечивают правильность, полноту и непротиворечивость данных, а также удобный доступ к ним.

Наиболее распространенными СУБД являются: MySQL, PostgreSQL, Microsoft Access, Redis, Oracle.

Интегрированные пакеты представляют собой набор нескольких программных продуктов, объединенных в единый удобный инструмент.

Наиболее развитые из них состоят из текстового редактора, органайзера, электронной таблицы, СУБД, средств поддержки

электронной почты, программы создания презентационной графики. Результаты, полученные отдельными подпрограммами, могут быть объединены в окончательный документ, содержащий табличный, графический и текстовый материал.

Наиболее распространенным интегрированным пакетом является Microsoft Office. В этот мощный профессиональный пакет вошли такие необходимые программы, как текстовый редактор Word, электронная таблица Excel, программа создания презентаций PowerPoint, СУБД Access, средство поддержки электронной почты Outlook. При этом все части этого пакета составляют единое целое и даже внешне все программы выглядят единообразно, что облегчает как их освоение, так и ежедневное использование.

ППП специального назначения предназначены для решения задач в некоторой предметной области. Например, одним из наиболее эффективных и распространенных программных средств моделирования сложных дискретных систем на персональных ЭВМ является ППП GPSS.

Для проведения научно-технических расчетов можно выделить ППП MathCad, MatLab, Maple и Mathematica.

На рынке экономических программ доминирующее положение занимают ППП на платформе «1С: Предприятие».

4.7. Кодирование и квантование сигналов

При использовании ЭВМ для обработки информации от различных устройств (объектов, процессов), в которых информация представлена непрерывными (аналоговыми) сигналами, требуется преобразовать аналоговый сигнал в цифровой – в число, пропорциональное амплитуде этого сигнала, и наоборот.

В общем случае процедура аналого-цифрового преобразования состоит из трех этапов:

- дискретизации;
- квантования по уровню;
- кодирования.

Под дискретизацией понимается преобразование функции непрерывного времени в функцию дискретного времени, а сам процесс дискретизации состоит в замене непрерывной функции ее отдельными значениями (отсчетами) в фиксированные моменты времени.

Дискретизация может быть равномерной и неравномерной. При неравномерной дискретизации длительность интервалов между отсчетами различна.

Наиболее часто применяется равномерная дискретизация, при которой длительность интервала между отсчетами T_D постоянна.

Период дискретизации T_D непрерывного сигнала $u(t)$ (рис. 4.3,а) выбирается в соответствии с теоремой Котельникова:

$$T_D \leq \frac{1}{2F_B},$$

где F_B – высшая частота в спектре частот сигнала $u(t)$ (рис. 4.3,б).

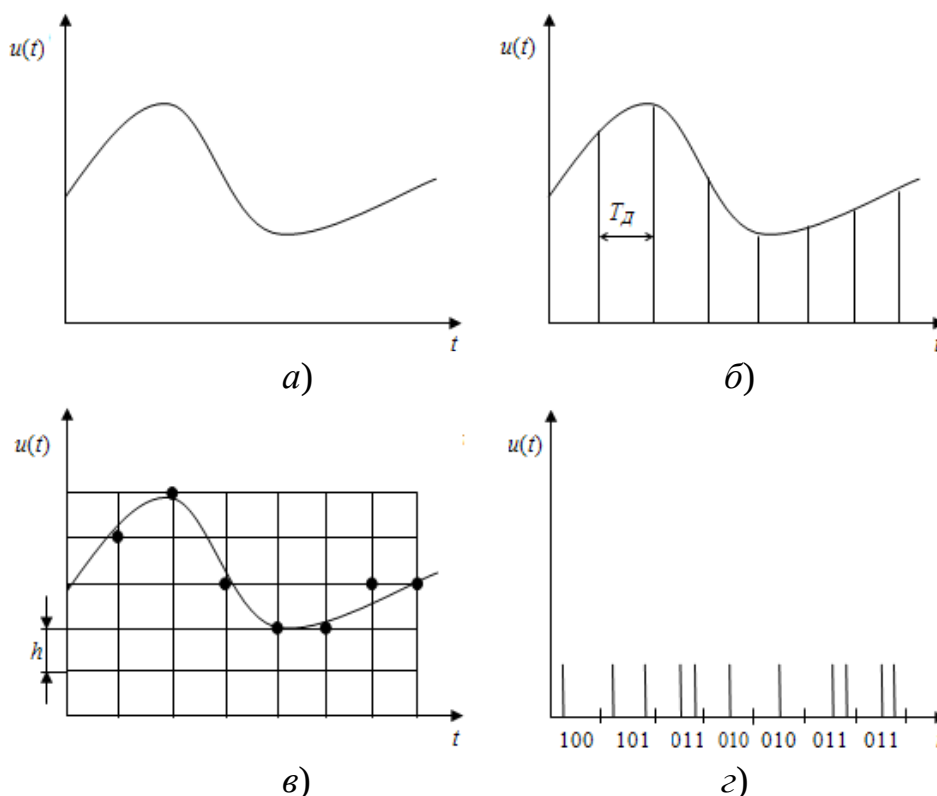


Рис. 4.3. Процесс аналого-цифрового преобразования

Под квантованием понимается преобразование некоторой величины с непрерывной шкалой значений в величину, имеющую дискретную шкалу значений. Для этого весь диапазон значений сигнала $u(t)$, называемый шкалой, делится на равные части – кванты, h – шаг квантования. Процесс квантования сводится к замене любого мгновенного значения одним из конечного множества разрешенных значений, называемых уровнями квантования.

Вид сигнала $u(t)$ в результате совместного проведения операций дискретизации и квантования представлен на рис. 4.3,в.

Дискретизированное значение сигнала $u(t)$, находящееся между двумя уровнями квантования, отождествляется с ближайшим уровнем квантования. Это приводит к ошибкам квантования, которые всегда меньше шага квантования (кванта), и чем меньше шаг квантования, тем меньше погрешность квантования, но больше уровней квантования.

Число уровней квантования на рис. 4.3,в равно шести. Обычно их значительно больше. Можно провести нумерацию уровней и выразить их в двоичной системе счисления.

Для шести уровней достаточно трех двоичных разрядов. Количество таких разрядов называют глубиной кодирования. Каждое дискретное значение сигнала представляется в этом случае двоичным кодом (табл. 4.1) в виде последовательности сигналов двух уровней.

Таблица 4.1

Значение уровня	Двоичное представление значения уровня (импульсы старших разрядов справа)
4	100
5	101
3	011
2	010
2	010
3	011
3	011

Наличие или отсутствие импульса на определенном месте интерпретируется единицей или нулем в соответствующем разряде двоичного числа.

Цифровая форма представления сигнала $u(t)$ показана на рис. 4.3,г. Импульсы старших разрядов расположены крайними справа.

Таким образом, в результате дискретизации, квантования и кодирования аналогового сигнала получаем последовательность n -разрядных кодовых комбинаций, которые следуют с периодом дискретизации T_d . При этом рациональное выполнение операций дискретизации и квантования приводит к значительному экономическому эффекту как за счет снижения затрат на хранение и обра-

ботку получаемой информации, так и вследствие сокращения времени обработки информации.

На практике преобразование аналогового сигнала в цифровую форму осуществляется с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Для решения обратной задачи преобразования числа в пропорциональную аналоговую величину, представленную в виде электрического напряжения, тока, служит цифроаналоговый преобразователь (ЦАП).

В ЦАП каждая двоичная кодовая комбинация преобразуется в аналоговый сигнал, и на выходе создается последовательность модулированных по амплитуде импульсов с периодом T_d .

Задания по теме 4

Написать программу для решения следующей задачи:

1. 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?

2. На производстве работает автоматическая система информирования склада о необходимости доставки в цех определенных групп расходных материалов. Система устроена так, что по каналу связи на склад передается условный номер расходных материалов (при этом используется одинаковое, но минимально возможное количество бит в двоичном представлении этого числа). Известно, что был послан запрос на доставку девяти групп материалов из 19 используемых на производстве. Определите объем посланного сообщения.

3. В одной небольшой стране индивидуальные номера налогоплательщиков представляют собой целые числа от 1 до 4000. На некотором предприятии в этой стране работают 300 человек. Главный бухгалтер этого предприятия переписала ИНН всех сотрудников последовательно без разделителей в один файл, при этом использовалось представление целых чисел с одинаковым минимально возможным количеством бит. Оцените объем получившегося файла.

4. В офисе работают 55 человек. Специальное устройство утром на входе регистрирует приход сотрудника на работу, записывая его индивидуальный номер с использованием минимально возможного количества бит, одинакового для каждого сотрудника. Каков информационный объем сообщения, записанного устройством, если утром в офис пришли только 50 сотрудников?

5. Специальное устройство на автостоянке таксопарка регистрирует заезд на территорию автомобилей фирмы, записывая их индивидуальные номера с использованием минимально возможного количества бит, одинакового для каждого автомобиля. Каков информационный объем сообщения, записанного устройством, если на территорию за рассматриваемый промежуток времени заехало 24 из 28 машин таксопарка?

6. В многодневной регате участвуют 22 яхты. Специальное устройство регистрирует прохождение финиша каждой яхтой при ее заходе в порт назначения, записывая ее номер с использованием минимально возможного количества бит, одинакового для каждой яхты. Каков информационный объем сообщения, записанного устройством, если до финиша добрались только 20 из 22 яхт, участвовавших в регате?

7. В аэропорту при входе в самолет проводится электронная регистрация пассажиров, поднявшихся на борт самолета. Для этого при предъявлении посадочного талона в память ЭВМ заносятся индивидуальные номера пассажиров (от 1 до 200 в соответствии с индивидуальными номерами посадочных мест на борту и с использованием одинакового минимально возможного количества бит). Каков информационный объем сообщения, записанного устройством, если рейсом улетело 124 человека?

8. В марафонском забеге участвуют 87 человек. Специальное устройство регистрирует прохождение каждым участником некоторой промежуточной отметки, записывая его номер с использованием минимально возможного количества бит, одинакового для каждого участника. Каков информационный объем сообщения, записанного устройством, если данную промежуточную отметку миновали только 64 из 87 вышедших на старт участников?

9. Метеорологическая станция ведет наблюдение за влажностью воздуха. Результатом одного наблюдения является целое число от 0 до 100 %, записываемое с помощью минимально возможного количества бит. Станция сделала 800 измерений. Определите информационный объем результатов наблюдений.

10. В России проживает примерно 147 млн человек. Каково должно быть минимальное количество разрядов в индивидуальном номере налогоплательщика?

11. В мотокроссе участвуют 150 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 128 мотоциклистов?

12. На производстве работает автоматическая система информирования склада о необходимости доставки в цех определенных групп расходных материалов. Система устроена так, что по каналу связи на склад передается условный номер расходных материалов (при этом используется одинаковое, но минимально возможное количество бит в двоичном представлении этого числа). Известно, что был послан запрос на доставку восьми групп материалов из 32 используемых на производстве. Определите объем посланного сообщения.

13. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 22 кГц и глубиной кодирования 16 бит. Преобразование длится 2 мин, его результаты записываются в файл. Каков размер полученного файла в килобайтах?

14. Проводилось аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 16 кГц и 32-битным разрешением. В результате был получен файл размером 20 Мбайт. Сколько секунд производилось преобразование?

15. Проводилось аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 16 кГц и 32-битным разрешением. В результате был получен файл размером 1 Мбайт. Сколько минут производилось преобразование?

16. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 128 Гц. При записи использовались 64 уровня дискретизации. Преобразование длится 6 мин 24 с. Каков размер полученного файла в килобайтах?

17. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 256 Гц. При записи использовались 128 уровней дискретизации. Преобразование длится 8 мин, результаты записываются в файл. Каков размер полученного файла в мегабайтах?

18. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 128 Гц. При записи использовались 16 уровней дискретизации. Преобразование длится 2 мин 40 с, результаты записываются в файл, причем каждый сигнал кодируется минимально возможным и одинаковым количеством битов. Каков размер полученного файла в байтах?

19. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 64 Гц. При записи использовались 64 уровня дискретизации. Преобразование длится 5 мин 20 с, результаты записываются в файл, причем каждый сигнал кодируется минимально возможным и одинаковым количеством битов. Каков размер полученного файла в гигабайтах?

20. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 48 кГц и глубиной кодирования 16 бит. Преобразование длится 2 минуты, его результаты записываются в файл. Каков размер полученного файла в мегабайтах?

21. С некоторого аналогового датчика на вход АЦП поступает сигнал, описываемый формулой $u = \sin(2\pi f_1 t) + \sin(2\pi f_2 t)$, причем $f_1 = 50$ кГц, а $f_2 = 100$. Глубина кодирования – 8 бит. Определите период дискретизации этого сигнала. Каков размер файла, полученного после преобразования за один период такого сигнала?

22. Дан некоторый аналоговый сигнал, описываемый формулой $u = \cos(2\pi f t)$. Провести его дискретизацию, квантование и кодирование на одном периоде этого сигнала. Причем $f = 1$ Гц, а количество уровней квантования 16. Каков размер полученного файла?

23. Некоторый АЦП работает с периодом дискретизации 1 мкс. Какова частота аналогового сигнала, который может быть преобразован таким АЦП?

24. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 60 кГц и глубиной кодирования 16 бит. Преобразование длится 2 мин, его результаты записываются в файл. Каков размер полученного файла в мегабайтах?

25. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 22 кГц и глубиной кодирования 32 бита. Преобразование длится 2 мин, его результаты записываются в файл. Каков размер полученного файла в килобайтах?

26. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 48 кГц и глубиной кодирования 24 бита. Преоб-

преобразование длится 3 мин, его результаты записываются в файл. Каков размер полученного файла в гигабайтах?

27. Проводилась аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 16 кГц и 32-битным разрешением. В результате был получен файл размером 40 Мбайт. Сколько секунд производилось преобразование?

28. Проводилась аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 8 кГц и 32-битным разрешением. В результате был получен файл размером 1 Мбайт. Сколько минут производилось преобразование?

29. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 128 Гц. При записи использовались 64 уровня дискретизации. Преобразование длится 5 мин, его результаты записываются в файл. Каков размер полученного файла в килобайтах?

30. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 48 кГц и глубиной кодирования 16 бит. Преобразование длится 2 мин, его результаты записываются в файл. Каков размер полученного файла в мегабайтах?

31. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 48 кГц и глубиной кодирования 16 бит. Преобразование длится 2 мин, его результаты записываются в файл. Каков размер полученного файла в мегабайтах?

32. Производится аналого-цифровое преобразование с частотой дискретизации 256 Гц. При записи использовались 64 уровня дискретизации. Преобразование длится 3 мин 40 с, ее результаты записываются в файл. Каков размер полученного файла в байтах?

5. ПРОЦЕСС ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Хранение является одной из основных операций, осуществляемых над информацией, с целью обеспечения ее доступности в течение некоторого промежутка времени.

Под хранением информации понимают ее запись в запоминающее устройство (ЗУ) для последующего использования.

Запоминающее устройство (память) – устройство, способное принимать данные и сохранять их для последующего считывания.

5.1. Структуры данных

Работа с большим количеством данных автоматизируется проще, когда данные упорядочены.

Для упорядочивания данных применяют следующие структуры:

- линейные (списки);
- табличные;
- иерархические (дерево).

Линейная структура данных (список) – это упорядоченная структура, в которой адрес данного однозначно определяется его номером (индексом). Примером линейной структуры может быть список учебной группы или дома, стоящие на одной улице.

В списках, как правило, новый элемент начинается с новой строки. Если элементы располагаются в строчку, нужно внести разделительный знак между элементами. Поиск осуществляется по разделителям (чтобы найти, например, десятый элемент, надо отсчитать девять разделителей).

Если элементы списка одной длины, структура называется вектором данных, разделители не требуются.

Табличная структура данных – это упорядоченная структура, в которой адрес данного однозначно определяется двумя числами – номером строки и номером столбца, на пересечении которых находится ячейка с искомым элементом.

Если элементы располагаются в строчку, нужно внести два разделительных знака – разделительный знак между элементами строки и разделительный знак между строками.

Поиск, аналогично линейной структуре, осуществляется по разделителям. Если элементы таблицы одной длины, структура называется матрицей данных, разделители в ней не требуются.

Таблица может быть и трехмерной, тогда три числа характеризуют положение элемента и требуются три типа разделителей, а может быть и многомерной (n -мерная).

Иерархическая структура используется для хранения нерегулярных данных, которые трудно представить в виде списка или таблицы. В иерархической структуре адрес каждого элемента определяется путем (маршрутом доступа), идущим от вершины структуры к данному элементу.

Иерархическую структуру образуют, например, почтовые адреса (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Структура почтовых адресов

Пример 31. Адрес одного из домов, расположенных, к примеру, на улице Большая Садовая, может выглядеть следующим образом:

Россия \ Ростовская область \ Ростов \ ул. Большая Садовая \ д.1.

Линейная и табличная структуры более просты, чем иерархическая структура, но если в линейной структуре появляется новый элемент, то упорядоченность нарушается. В иерархической структуре введение нового элемента не нарушает структуры дерева, недостатком ее является трудоемкость записи адреса и сложность упорядочения.

5.2. Файлы данных. Файловые структуры

Для устройств обработки данных, к которым относится и компьютер, большое значение имеет организация метода хранения ин-

формации на внешних носителях, позволяющих сохранять данные энергонезависимо.

Способ хранения данных на таких носителях должен обеспечивать их целостность, доступность и защищенность.

В настоящее время наиболее популярными внешними носителями являются диски. На одном диске помещается информация, объем которой может измеряться триллионами байтов. В этом случае эффективный способ хранения особенно важен. Разработчиками программного обеспечения был предложен способ организации хранения информации в виде файлов.

Файл – именованная область носителя, содержащая данные произвольной длины и воспринимаемая компьютерной системой как единое целое.

Имя файла имеет особое значение, оно сопоставлено адресу размещения файла на носителе. Носитель имеет служебную таблицу, в каждой строке которой записано имя файла и адрес его местонахождения на носителе.

Эта таблица используется специальной программой, которая называется файловой системой. Для доступа к данным она получает имя файла, находит по таблице его местоположение на носителе и возвращает содержимое файла. Как правило, процесс обработки информации сопровождается ее последующим сохранением. Для этого компьютерная программа объединяет какой-либо блок обрабатываемых данных в единое целое, снабжает его именем и передает файловой системе для записи на внешний носитель.

Имя файла состоит из некоторого набора символов и для большинства файловых систем может содержать до 256 знаков. Имя файла может быть дополнено расширением, которое определяет тип информации, хранящейся в файле.

Расширение содержит от одного до трех символов и отделяется от имени точкой. Большинство программ при создании файла автоматически добавляют к имени свое уникальное расширение, которое помогает им в дальнейшем опознавать «свои» файлы.

Пример 32. Файлы, созданные программой Microsoft Word, имеют расширение .doc, расширение .xls добавляет программа Microsoft Excel.

Кроме имени, файловая система, создавая файл, снабжает его дополнительной информацией: датой и временем создания (или модификации), размером сохраненных данных, правами доступа к информации, хранящейся в нем.

Эта информация называется атрибутами файла и предоставляет возможности файловой системе оперативно работать с файлами. Файл в числовом виде хранит информацию разных типов, например, текстовую, звуковую, графическую.

Программа, создающая файл, размещает информацию в нем таким образом, чтобы при дальнейшей работе с файлом записанные данные можно было распознать и правильно извлечь.

Способ представления данных в файле называется форматом файла. Формат определяет внутреннюю организацию информации, хранимой в файле. Открывая файл, прикладная программа проверяет его формат. Если он соответствует распознаваемым ею форматам, информация, хранящаяся в файле, извлекается в удобном для работы виде.

Современные операционные системы автоматически распознают формат файла и самостоятельно запускают работающую с ним прикладную программу. Имеется возможность определять формат файла, не исследуя его структуры. Для этого используется его расширение. Анализируя расширение, операционная система определяет тип и структуру файла. Многие форматы файлов стандартизированы и используются соответствующими программными приложениями, работающими под управлением различных операционных систем.

Задачу централизованного управления данными решает файловая система. Она выполняет функции распределения внешней памяти, отображения имен файлов в соответствующие адреса и обеспечения доступа к данным.

Для удобства работы файлы объединяют в группы, их имена располагают в файле специального вида, называемом каталогом или папкой. Каталоги образуют иерархическую (древовидную) структуру. Каталоги, размещенные на вершине иерархии, называются каталогами первого уровня. Каталоги первого уровня могут содержать каталоги второго уровня. Каждый каталог содержит описание файлов или каталогов следующего уровня иерархии. По аналогии с файлом, каталогу задается имя и атрибуты, позволяющие файловой системе манипулировать им: создавать, удалять, перемещать, добавлять в него файлы, каталоги.

5.3. Устройства хранения данных

Память является составной частью аппаратных средств ПК. В памяти хранятся как программы, так и данные. Память персонального компьютера подразделяется на внутреннюю и внешнюю.

Внутренняя память предназначена для временного хранения программ и обрабатываемых в текущий момент данных (оперативная память, кэш-память), а также для долговременного хранения информации о конфигурации ПК (энергонезависимая память). Внешняя память используется для длительного хранения большого объема данных и программ.

Физической основой внутренней памяти, как было показано ранее, являются электронные схемы (ПЗУ, ОЗУ), отличающиеся высоким быстродействием, но не позволяющие хранить большие объемы данных. Кроме этого, оперативная память является энергозависимой, т.е. при отключении ПК ее содержимое стирается.

В персональных компьютерах функция длительного хранения больших объемов данных возложена на внешнюю память, которая является медленной, энергонезависимой и практически неограниченной.

Внешняя память – это память, реализованная в виде внешних относительно материнской платы устройств с разными принципами хранения информации и типами носителей, предназначенных для долговременного хранения данных.

В современных компьютерах используются три вида носителей: электрические, магнитные, оптические.

Накопитель представляет собой совокупность носителя данных и соответствующего привода. Различают накопители со сменными и постоянными носителями.

Привод – это объединение механизма чтения/записи с соответствующими электронными схемами управления. Его конструкция определяется принципом действия и видом носителя.

Носитель – это физическая среда хранения информации.

По внешнему виду выделяют дисковые и ленточные носители.

По способу запоминания различают магнитные, оптические и магнитооптические носители.

В ленточных носителях используют магнитные, а в дисковых – магнитные, магнитооптические и оптические методы записи/считывания информации.

Накопитель на гибких магнитных дисках (НГМД, FDD – Floppy Disk Drive) представляет собой устройство (дисковод) для чтения и записи гибких магнитных дисков (дискет).

Магнитный диск вращается с помощью привода, для записи и считывания информации используются магнитные головки.

Магнитные диски являются съемными носителями, т.е. один дисковод может последовательно работать со множеством дискет. Стандартная емкость дискет (3,5 дюйма) составляет 1,44 Мб.

Маркировка дискеты «2HD 1,44 Mb» указывает на двухстороннюю высокую плотность записи и общую емкость диска 1,44 Мб. Информация на дискету записывается по дорожкам-окружностям (трекам).

Каждая дорожка разбивается на сектора размером в 256, 512 или 1024 байт, но чаще 512 байт, образующие кластеры.

Кластер – это минимальная единица размещения информации на диске, состоящая из одного или нескольких секторов и равная обычно 512 байт. Каждому файлу выделяется участок памяти, кратный определенному количеству кластеров. В современных компьютерах дисководы FDD практически не используются. Однако флоппи-дисководы по-прежнему востребованы, хоть и в узком кругу использования, например, в бюджетных организациях для решения специфических задач или обновления микрокода на устаревшем оборудовании. Также используются внешние FDD-дисководы с USB-подключением.

Таким образом, использование дисководов FDD возможно, но нецелесообразно, так как флоппи-диски устарели.

Накопитель на жестких магнитных дисках (НЖМД, винчестер или HDD – Hard Disk Drive) – устройство для чтения/записи с жестких магнитных дисков, установленных внутри накопителя. Накопители на жестких магнитных дисках получили такое наименование из-за жесткости дисковых пластин – носителей данных. В НЖМД несколько пластин, нанизанных на стержень. Дисковые пластины вращаются с постоянной скоростью, которая составляет для современных НЖМД до 10000 об/мин. Чтение и запись данных осуществляются блоком магнитных головок, которые расположены над рабочей поверхностью диска на расстоянии 0,13 – 0,5 мкм. Запись проводится на обе поверхности каждой пластины (кроме крайних).

Работой НЖМД управляет специальное аппаратно-логическое устройство – контроллер НЖМД. В накопителе может быть до десяти дисков.

Информация также размещается на дорожках, секторах и кластерах, которые образуются во время форматирования диска. Фор-

матирование выполняет пользователь с помощью специальных программ.

Основные характеристики современных НМЖД:

- емкость выражается объемом информации (для настольных ПК составляет от 40 Гб до нескольких терабайт);
- пропускная способность включает в себя скорость записи и считывания;
- время доступа характеризуется интервалом времени от момента запроса до момента выдачи запрашиваемой информации;
- информационная плотность записи выражается числом бит, записанных на единице поверхности диска; при этом различают продольную плотность (число бит, записанных на одном миллиметре длины диска вдоль вектора скорости) и поперечную (число информационных дорожек на одном миллиметре вдоль радиуса диска);
- размер кэш-памяти, в которую компьютер помещает наиболее часто используемые данные (обычно составляет от 2 до 8 Мбайт).

Также в современных НМЖД используется метод зонной записи: все пространство диска делится на несколько зон, причем во внешних зонах секторов размещается больше данных, чем во внутренних. Это позволило увеличить емкость жестких дисков примерно на 30 %.

Накопитель на магнитной ленте (стример) – это устройство для быстрой перезаписи данных с жесткого диска на магнитную ленту. Стримеры работают со съемными носителями – кассетами.

Недостатки стримеров: большое время доступа к данным и недостаточная надежность, связанная с повышенными механическими нагрузками.

Магнитооптические накопители (НМОД) во многом аналогичны НГМД, но отличаются более высокой емкостью. В магнитооптических дисках информация также хранится на магнитном носителе-дискете, но чтение и запись осуществляются оптическим (лазерным) лучом, что значительно повышает сохранность носителя.

Оптическими устройствами хранения данных являются оптические накопители CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory – постоянное запоминающее устройство на основе компакт-дисков), унаследовавшие свое название от первых оптических носителей.

В качестве носителя информации первые оптические накопители использовали компакт-диски (CD), которые записывались («прожигались») однократно, не допускали перезаписи и фактически являлись постоянными запоминающими устройствами, на что и указывала приставка ROM.

Накопители на оптических дисках получили широкое распространение благодаря большой емкости компакт-диска (свыше 650 Мб), поэтому они использовались в качестве носителей для больших программных продуктов и мультимедийных данных. Компакт-диски изготавливают из прозрачного пластика диаметром 120 мм и толщиной 1,2 мм. На пластиковую поверхность напыляется слой алюминия или золота. Запись на диск происходит путем выдавливания на поверхности дорожки углубления.

Компакт-диск раскручивается электродвигателем. На поверхность диска с помощью привода оптической системы фокусируется луч из лазерного излучателя. Луч отражается от поверхности диска и сквозь призму подается на датчик. Световой поток превращается в электрический сигнал, который поступает в микропроцессор, где он анализируется и превращается в двоичный код. Наиболее часто используются четыре вида оптических накопителей.

Накопитель CD-ROM (CD Read Only Memory) используется для чтения оптических компакт-дисков.

Накопитель CD-R (CD-Recordable) внешне похож на накопитель CD-ROM и совместим с ним по размерам дисков и формату записи, позволяет выполнить одноразовую запись и неограниченное количество считываний.

Накопитель CD-RW (CD-ReWritable) используется для многократной записи данных, причем можно как дописать новую информацию на свободное пространство, так и полностью перезаписать диск (предыдущие данные уничтожаются).

Накопитель DVD (Digital Video Disk) – устройство для записи и чтения цифровых видеозаписей. Внешне DVD-диск похож на обычный CD-диск (диаметр – 120 мм, толщина – 1,2 мм), однако отличается более высокой плотностью записи (на одной стороне DVD-диска может быть записано до 4,7 Гбайт). Запись на DVD-диск производится на обе поверхности.

Основной характеристикой оптических накопителей является скорость передачи данных, которая измеряется в кратных долях скорости проигрывателя аудиокомпактдисков (150 Кб/с) и характе-

ризует максимальную скорость, с которой накопитель передает данные в оперативную память компьютера.

Пример 33. 2-скоростной CD-ROM (2х) будет считывать данные со скоростью 300 Кб/с, 50-скоростной (50х) – 7500 Кб/с.

Наиболее распространенными носителями данных в настоящее время являются электронные схемы, использующие Flash- (флэш-) память. Flash-память относится к статической энергонезависимой памяти.

По устройству чип flash-памяти напоминает микросхему динамической энергонезависимой памяти, только вместо конденсаторов ячейками памяти являются полупроводниковые приборы (транзисторы), принимающие одно из фиксированных положений – закрытое или открытое, тем самым моделируя логические нуль и единицу.

Отличительные особенности носителей с flash-памятью: компактность, энергонезависимость, высокая емкость, бесшумная работа. Эти устройства подключаются к компьютеру, как правило, через интерфейс USB.

5.4. Хранение символьной информации в ЭВМ

Символьная информация хранится и обрабатывается в ЭВМ в виде цифрового двоичного кода. Каждому символу в компьютере ставится в соответствие двоичный код – совокупность нулей и единиц.

Минимальное количество битов n , необходимое для кодирования N символов, определяется по формуле

$$N \leq 2^n.$$

В 60-х гг. XX в. в американском национальном институте стандартизации (ANSI) была разработана таблица кодирования символов, которая впоследствии была использована во всех операционных системах.

Эта таблица называется ASCII (American Standard Code for Information Interchange – американский стандартный код для обмена информацией). Чуть позже появилась расширенная версия ASCII.

В соответствие с таблицей кодирования ASCII для представления одного символа выделяется 1 байт (8 бит). Набор из 8 бит может принять $2^8 = 256$ различных значений.

Первые 128 значений (от 0 до 127) постоянны и формируют так называемую основную часть таблицы, куда входят десятичные цифры, буквы латинского алфавита (заглавные и строчные), знаки препинания (точка, запятая, скобки и др.), а также пробел и различные служебные символы (табуляция, перевод строки и др.).

Цифры имеют коды с 48 по 57.

Заглавные буквы латинского алфавита A – Z имеют коды с 65 по 90, строчные a – z – с 95 по 122.

Значения от 128 до 255 формируют дополнительную часть таблицы, где принято кодировать символы национальных алфавитов.

Принцип последовательного кодирования алфавита означает, что в кодовой таблице ASCII латинские буквы (прописные и строчные) располагаются в алфавитном порядке. Расположение цифр также упорядочено по возрастанию значений. Данное правило соблюдается и в других таблицах кодировки. Благодаря этому и в машинном представлении для символьной информации сохраняется понятие «алфавитный порядок».

В табл. 5.1 приведена стандартная часть кода ASCII (управляющие коды с номерами от 0 до 31 в данную таблицу не включены). В табл. 5.2 дан фрагмент альтернативной части кода ASCII, содержащий буквы русского алфавита.

В первом столбце таблиц находится десятичный номер символа, во втором столбце – символ, в третьем – двоичный код.

Поскольку существует огромное множество национальных алфавитов, то расширенные ASCII-таблицы существуют во множестве вариантов.

Даже для русского языка существуют несколько таблиц кодирования (распространены ГОСТ-альтернативная кодировка, Windows-1251, КОИ-8).

В кодировке Windows-1251 заглавные буквы русского алфавита имеют коды с 192 по 223, строчные буквы – с 224 по 255. Эта кодировка используется ПК, работающих на платформе Windows.

Кодировка КОИ-8 является стандартной в сообщениях электронной почты.

Наличие множества кодировочных таблиц создает дополнительные трудности.

Таблица 5.1

32		00100000	64	@	01000000	96	⁴	01100000
33	!	00100001	65	A	01000001	97	a	01100001
34	"	00100010	66	B	01000010	98	b	01100010
35	#	00100011	67	C	01000011	99	c	01100011
36	\$	00100100	68	D	01000100	100	d	01100100
37	%	00100101	69	E	01000101	101	e	01100101
38	&	00100110	70	F	01000110	102	f	01100110
39	'	00100111	71	G	01000111	103	g	01100111
40	(	00101000	72	H	01001000	104	h	01101000
41	)	00101001	73	I	01001001	105	i	01101001
42	*	00101010	74	J	01001010	106	j	01101010
43	+	00101011	75	K	01001011	107	к	01101011
44	,	00101100	76	L	01001100	108	l	01101100
45	-	00101101	77	M	01001101	109	m	01101101
46		00101110	78	N	01001110	110	n	01101110
47	/	00101111	79	O	01001111	111	o	01101111
48	0	00110000	80	P	01010000	112	P	01110000
49	1	00110001	81	Q	01010001	113	q	01110001
50	2	00110010	82	R	01010010	114	r	01110010
51	3	00110011	83	S	01010011	115	s	01110011
52	4	00110100	84	T	01010100	116	t	01110100
53	5	00110101	85	U	01010101	117	u	01110101
54	6	00110110	86	V	01010110	118	V	01110110
55	7	00110111	87	W	01010111	119	w	01110111
56	8	00111000	88	X	01011000	120	X	01111000
57	9	00111001	89	Y	01011001	121	Y	01111001
58		00111010	90	Z	01011010	122	z	01111010
59	;	00111011	91	[	01011011	123	{	01111011
60	<	00111100	92	\	01011100	124	1	01111100
61	=	00111101	93	]	01011101	125	}	01111101
62	>	00111110	94	^	01011110	126	~	01111110
63	?	00111111	95	–	01011111	127		01111111

Пример 34. Отправляется письмо, написанное в одной кодировке, а получатель пытается прочесть ее в другой. В результате видит нечитаемый текст. Поэтому читающему требуется применить для текста другую таблицу кодирования.

Существует еще одна серьезная проблема. В алфавитах некоторых языков слишком много символов, и они не помещаются в отведенные им позиции с 128 до 255 однобайтовой кодировки.

Третья проблема – что делать, если в тексте используется несколько языков (например, русский, английский и французский). Очевидно, что использовать две таблицы сразу невозможно.

Таблица 5.2

192	А	10000000	224	а	11100000
193	Б	10000001	225	б	11100001
194	В	10000010	226	в	11100010
195	Г	10000011	227	г	11100011
196	Д	10000100	228	д	11100100
197	Е	10000101	229	е	11100101
198	Ж	10000110	230	ж	11100110
199	З	10000111	231	з	11100111
200	И	10001000	232	и	11101000
201	И	10001001	233	й	11101001
202	К	10001010	234	к	11101010
203	Л	10001011	235	л	11101011
204	М	10001100	236	м	11101100
205	Н	10001101	237	н	11101101
206	О	10001110	238	о	11101110
207	П	10001111	239	п	11101111
208	Р	10010000	240	Р	11110000
209	С	10010001	241	с	11110001
210	Т	10010010	242	т	11110010
211	У	10010011	243	у	11110011
212	Ф	10010100	244	ф	11110100
213	Х	10010101	245	х	11110101
214	Ц	10010110	246	ц	11110110
215	Ч	10010111	247	ч	11110111
216	Ш	10011000	248	ш	11111000
217	Щ	10011001	249	щ	11111001
218	Ъ	10011010	250	ъ	11111010
219	Ы	10011011	251	ы	11111011
220	Ь	10011100	252	ь	11111100
221	Э	10011101	253	э	11111101
222	Ю	10011110	254	ю	11111110
223	Я	10011111	255	я	11111111

Для решения вышеизложенных проблем в начале 1990-х гг. был разработан стандарт кодирования символов, получивший название Unicode. Данный стандарт позволяет использовать в тексте почти любые языки и символы.

В Unicode для кодирования символов предоставляется 31 бит (4 байта за вычетом одного бита). Количество возможных комбинаций дает огромное число: $2^{31} = 2147483684$ (более двух миллиардов). Поэтому Unicode описывает алфавиты всех известных языков, включает многие математические и иные специальные символы.

Однако информационная емкость 31-битового Unicode все равно остается слишком большой.

Поэтому чаще используется сокращенная 16-битовая версия ($2^{16} = 65536$), где кодируются все современные алфавиты. В Unicode первые 128 кодов совпадают с таблицей ASCII.

5.5. Хранение графической информации

Графическая информация представляет собой изображение, сформированное из определенного числа точек, именуемых пикселями. Качество изображения зависит от количества цветов и точек, составляющих изображение.

Пиксель – наименьший элемент изображения на экране (точка на экране). Размер экранного пикселя приблизительно 0,0018 дюйма.

Растр – прямоугольная сетка пикселей на экране.

Разрешающая способность экрана – размер сетки раstra, задаваемого в виде произведения $M \times N$, где M – число точек по горизонтали, N – число точек по вертикали (число строк).

Основные значения разрешающей способности: 640×480, 800×600, 1024×768, 1280×1024.

Видеоинформация – информация об изображении, воспроизводимом на экране компьютера, хранящаяся в компьютерной памяти.

Видеопамять – оперативная память, хранящая видеоинформацию во время ее воспроизведения в изображение на экране.

Страница – часть видеопамяти, полностью определяющая содержимое одного экрана монитора.

Одна из страниц всегда является активной. Ее содержимое отображается на экране. Для изменения активной страницы можно вызвать соответствующую функцию BIOS или непосредственно изменить содержимое регистра начального адреса, расположенного в контроллере монитора.

Графический файл – это файл, хранящий графическую информацию.

Битовая глубина цвета – количество битов, необходимое для кодирования цвета точки.

Наиболее распространенными значениями битовой глубины цвета являются 4, 8, 16 и 24 бита на точку.

Количество цветов N можно вычислить по формуле

$$N = 2^i,$$

где i – битовая глубина цвета.

При кодировании цвета в основном используют две цветовые модели:

- RGB (R, Red – красный; G, Green – зеленый; B, Blue – синий)

- CMYK (C, Cyan – голубой; M, Magenta – пурпурный; Y, Yellow – желтый; K, Black – черный).

Компьютерная графика – это специальная область информатики, изучающая методы и способы создания и обработки изображений на экране компьютера с помощью специальных программ. В зависимости от способа формирования изображений компьютерную графику принято подразделять на растровую и векторную.

Кроме того, выделяют другие типы графики, например, трехмерную (3D), изучающую приемы и методы построения объемных объектов в пространстве. Как правило, в ней сочетаются векторный и растровый способ формирования изображения.

Растровая и векторная графика создается в специальных программах – графических редакторах и процессорах.

Программы Paint и Gimp являются растровыми редакторами, Inkscapе – редактор векторных изображений.

Растровое изображение представляет картину, состоящую из массива точек (пикселей) на экране, имеющих такие атрибуты, как координаты и цвет.

Растровый рисунок похож на мозаику, в которой каждый элемент (пиксель) закрашен определенным цветом. Этот цвет закрепляется за определенным местом экрана. Перемещение фрагмента изображения «снимает» краску с электронного холста и разрушает рисунок.

Для получения богатой палитры цветов базовым цветам (RGB – красный-зеленый-синий) могут быть заданы различные интенсивности. Если при глубине цвета в 24 бита, на каждый из цветов выделяется по 8 бит, то для каждого из цветов возможны $K = 2^8 = 256$ уровней интенсивности. Таким образом, всего возможно кодирование $2^{24} \approx 16,5$ млн различных цветов. Такой режим представления графики называют полноцветным (True Color).

Векторное изображение состоит из простых элементов, называемых примитивами: линий, окружностей, прямоугольников, закрашенных областей. Границы областей задаются кривыми.

Файл, отображающий векторное изображение, содержит начальные координаты и параметры примитивов – векторные команды. Самым близким аналогом векторной графики является графическое представление математических функций.

Для описания отрезка прямой достаточно указать координаты его концов, а окружность можно описать, задав координаты центра и радиус. Информация о цвете объекта сохраняется как часть его описания в векторной команде.

Векторные команды сообщают устройству вывода о том, что необходимо нарисовать объект, используя заложенное число элементов-примитивов. Чем больше элементов используется, тем лучше этот объект выглядит.

Приложения для создания векторной графики широко используются в области дизайна, технического рисования, оформительских работ.

Элементы векторной графики имеются также в текстовых процессорах. В этих программах одновременно с инструментами рисования и командами предусмотрено специальное программное обеспечение, формирующее векторные команды, соответствующие объектам, из которых состоит рисунок.

Достоинства векторной графики:

- изображения занимают относительно небольшой объем памяти;
- объекты могут легко масштабироваться без потери качества.

Недостатки векторной графики:

- нельзя получать изображения фотографического качества;
- изображение на бумаге не соответствует изображению на мониторе.

Задания по теме 5

Написать программу для решения следующей задачи:

1. Какое количество битов необходимо для кодирования 33 строчных и прописных букв русского алфавита?
2. Закодировать в двоичном, десятичном и шестнадцатеричном коде слово АВВА.

3. Какое максимальное количество символов может содержать кодировочная таблица, если при хранении один символ из этой таблицы занимает 10 бит памяти?

4. Сколько битов памяти компьютера займет слово *Микропроцессор*?

5. Буква *i* в таблице кодировки символов имеет десятичный код 105. Какое слово зашифровано последовательностью десятичных кодов 108 105 110 107?

6. С помощью последовательности десятичных кодов 99 111 109 112 117 116 101 114 зашифровано слово computer. Какая последовательность десятичных кодов будет соответствовать этому же слову, записанному заглавными буквами?

7. Последовательность двоичных кодов 01110011 01110100 01101111 01110000 соответствует слову stop. Построить внутреннее шестнадцатеричное представление этого слова.

8. Текст занимает 0,25 Кбайт памяти компьютера. Сколько символов содержит этот текст?

9. Десятичный код (номер) буквы *e* в таблице кодировки символов ASCII равен 101. Какая последовательность десятичных кодов будет соответствовать словам: 1) file; 2) help?

10. Десятичный код (номер) буквы *o* в таблице кодировки символов ASCII равен 111. Что зашифровано с помощью последовательности десятичных кодов:

1) 115 112 111 114 116 2) 109 111 117 115 101?

11. Десятичный код (номер) буквы *i* в таблице кодировки символов ASCII равен 105. Какая последовательность десятичных кодов будет соответствовать слову INFORMATION, записанному заглавными буквами?

12. С помощью последовательности десятичных кодов 66 65 83 73 67 зашифровано слово BASIC. Какая последовательность десятичных кодов будет соответствовать этому слову, записанному строчными буквами?

13. Пользуясь таблицей кодировки символов ASCII, закодировать с помощью шестнадцатеричных кодов следующие слова: 1) Norton; 2) Manager.

14. Пользуясь таблицей кодировки символов ASCII, расшифровать текст, представленный в виде шестнадцатеричных кодов символов:

1) 57 69 6E 64 6F 77 73 2D 39 35;

2) 63 6F 6D 65 2D 4F 4E 2D 6C 69 6E 65.

15. Пользуясь таблицей кодировки символов ASCII, закодировать с помощью двоичных кодов следующие слова: 1) EXCEL; 2) Word.

16. По шестнадцатеричному коду восстановить двоичный код и, пользуясь таблицей кодировки символов, расшифровать слово:

1) 42 61 73 69 63;

2) 50 61 73 63 61 6C.

17. Закодировать шестнадцатеричным кодом свою фамилию.

18. Закодировать двоичным кодом свое имя.

19. Какой объем видеопамати необходим для хранения четырех страниц изображения при условии, что разрешающая способность дисплея равна 640×480 точек, а количество используемых цветов – 32?

20. Объем видеопамати равен 1875 Кбайт, и она разделена на две страницы. Какое максимальное количество цветов можно использовать при условии, что разрешающая способность экрана монитора 800×600 ?

21. Рисунок из 256 цветов содержит 1 Кбайт информации. Из скольких точек он состоит?

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

23. Какой объем видеопамати необходим для хранения двух страниц изображения при условии, что разрешающая способность дисплея равна 640×350 пикселей, а количество используемых цветов равно 16?

24. Какой объем видеопамати необходим для хранения четырех страниц изображения, если битовая глубина равна 24, а разрешающая способность дисплея – 800×600 пикселей?

25. Объем видеопамати равен 1 Мбайт. Разрешающая способность дисплея составляет 800×600 . 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 равна 800×600 . Вычислить объем видеопамати.

27. Видеопамать имеет объем, в котором может храниться 4-цветное изображение размером 640×480 . 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 – 2 Мбайта, разрешающая способность дисплея равна 800×600 . Сколько оттенков серого цвета можно получить на экране при условии, что видеопамать делится на две страницы?

30. Объем видеопамати равен 2,5 Мбайт, глубина цвета – 16, разрешающая способность экрана монитора – 640×480 точек. Найти максимальное количество страниц, которое можно использовать при этих условиях.

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

32. После преобразования графического изображения количество цветов увеличилось с 256 до 65536. Во сколько раз увеличился объем занимаемой памяти?

6. ПРОЦЕСС ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

6.1. Общая схема системы передачи информации

Обобщенная структурная схема системы передачи информации (СПИ) изображена на рис. 6.1. В ее состав входят:

- ИИ – источник информации;
- ПрС (КИ) – преобразователь сообщений (кодер источника);
- КУ (КК) – кодирующее устройство (кодер канала);
- М – модулятор;
- ЛК – линейные каскады;
- ДМ – демодулятор;
- ДКУ – декодирующее устройство;
- ДС – детектор сигнала;
- ПИ – получатель информации.

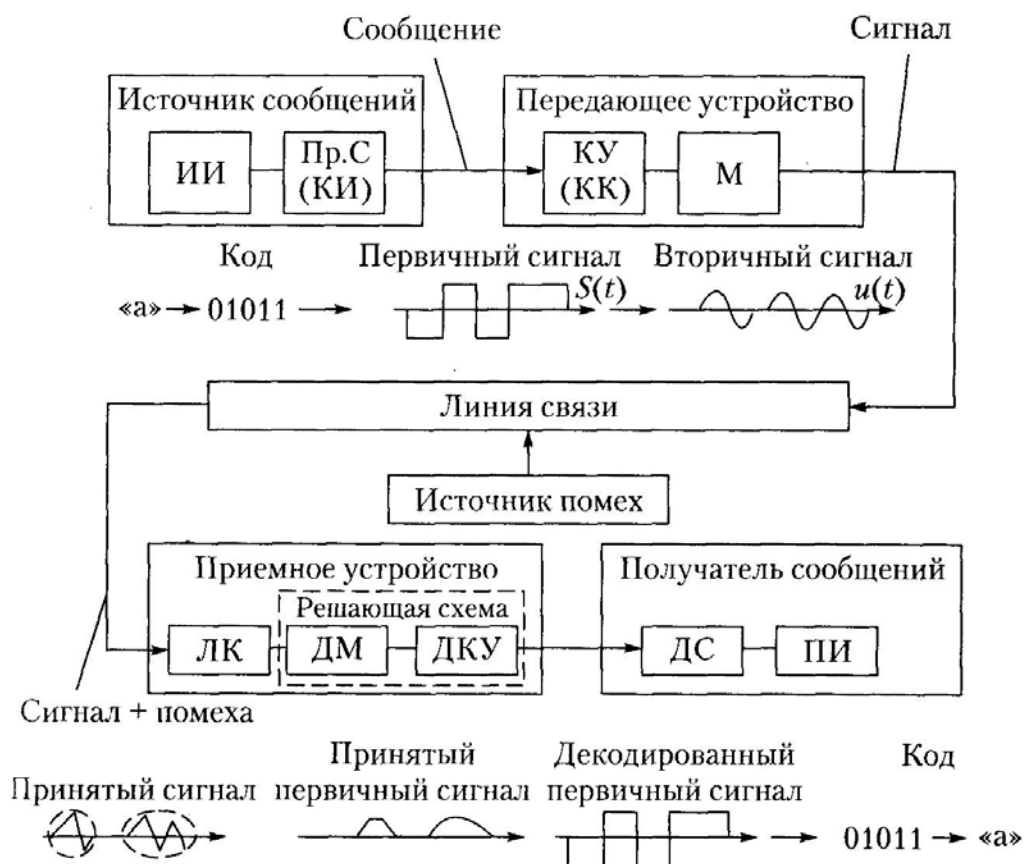


Рис. 6.1. Структурная схема СПИ

Источник сообщений в общем случае образует совокупность ИИ (исследуемый или наблюдаемый объект) и ПрС.

ПрС может выполнять две функции:

1) преобразование сообщения любой физической природы (изображение, звуковой сигнал) в первичный электрический сигнал $S(t)$;

2) преобразование большого объема алфавита сообщений в малый объем алфавита первичного сигнала (кодирование).

В частности, 32 буквы русского алфавита передаются посредством двух символов алфавита первичного сигнала – «0» и «1» или «-1» и «1».

В этом случае первичный сигнал, однозначно соответствующий сообщению, представляет собой некоторую кодовую комбинацию.

В одних СПИ преобразователь сообщения выполняет обе функции – преобразование и кодирование (телеграфия), в других – только преобразование сообщения в электрический сигнал (телефония).

В состав передающего устройства может входить устройство, обеспечивающее помехоустойчивое кодирование – КУ (КК). Такое кодирование состоит в том, что в кодовую комбинацию по определенному правилу вводятся дополнительные, избыточные символы. Это позволяет на приемной стороне обнаруживать и исправлять искаженные помехами символы первичного сигнала.

Первичный электрический сигнал, как правило, непосредственно не передается по линии связи. В передатчике первичный сигнал $S(t)$ преобразуется во вторичный (высокочастотный) сигнал $u(t)$, пригодный для передачи по линии связи.

Такое преобразование осуществляется посредством модулятора (М), который изменяет один из параметров высокочастотного колебания, создаваемого генератором высокой частоты в соответствии с изменением первичного сигнала $S(t)$.

В процессе передачи сигнала по линии связи он искажается помехой и на входе приемника отличается по форме от переданного. Приемное устройство обрабатывает принимаемый сигнал и восстанавливает по нему переданное сообщение.

Принимаемый полезный высокочастотный сигнал фильтруется и усиливается линейными каскадами (ЛК) приемного устройства и поступает на демодулятор (ДМ), в котором высокочастотный сигнал преобразуется в низкочастотный первичный сигнал.

В декодирующем устройстве (ДКУ) низкочастотный сигнал преобразуется в кодовую комбинацию символов первичного сигнала.

Одновременно в ДКУ осуществляются обнаружение и исправление искаженных символов первичного сигнала. Эта операция осуществляется в случае использования на передающей стороне помехоустойчивого кодирования.

Таким образом, на выходе ДКУ имеется кодовая комбинация символов первичного сигнала, соответствующая передаваемому сообщению.

В результате различных искажений и воздействия помех пришедший сигнал может существенно отличаться от переданного. Задачей приемного устройства является решение о том, какое из возможных сообщений действительно передавалось источником. Для этого принятый сигнал подвергается анализу с учетом всех сведений об источнике (вероятность передачи того или иного сообщения), о применяемом помехоустойчивом коде и виде модуляции, а также о свойствах помех. В результате такого анализа принимается решение о том, какое сообщение передано. Та часть приемного устройства, которая осуществляет анализ приходящего сигнала и принимает решение, называется решающей схемой.

В системах передачи непрерывных сообщений при аналоговой модуляции решающей схемой является ДМ, а ДКУ – отсутствует. В системах передачи дискретных сообщений решающая схема состоит из двух частей: ДМ и ДКУ. В некоторых СПИ роль решающей схемы полностью или частично выполняет человек.

В общем случае на выходе ДКУ имеется кодовая комбинация символов первичного сигнала, соответствующая определенному сообщению.

Детектор сигнала (ДС) преобразует кодовую комбинацию символов первичного сигнала в соответствующее сообщение, которое поступает на вход получателя информации ПИ.

6.2. Виды и характеристики носителей и сигналов

В широком смысле слова под сигналом понимают материальный носитель информации. В современных СПИ используются электрические сигналы. Физической величиной, определяющей такой сигнал, является ток или напряжение. Сигнал передается на несущей частоте. Процесс изменения параметров несущей частоты в соответствии с сигналом, передаваемым на этой несущей, называют модуляцией.

На рис. 6.2 в качестве примера изображен электрический сигнал единичной амплитуды, а также модулированное по амплитуде этим сигналом синусоидальное колебание.

Данное колебание можно записать в виде

$$u(t) = U \cdot \text{rect}_T(t - \Delta t) \sin(\omega t - \phi_0), \quad (6.1)$$

где U – амплитуда; t – длительность; Δt – временное положение; ω – частота; ϕ_0 – начальная фаза; rect_T – единичная прямоугольная функция.

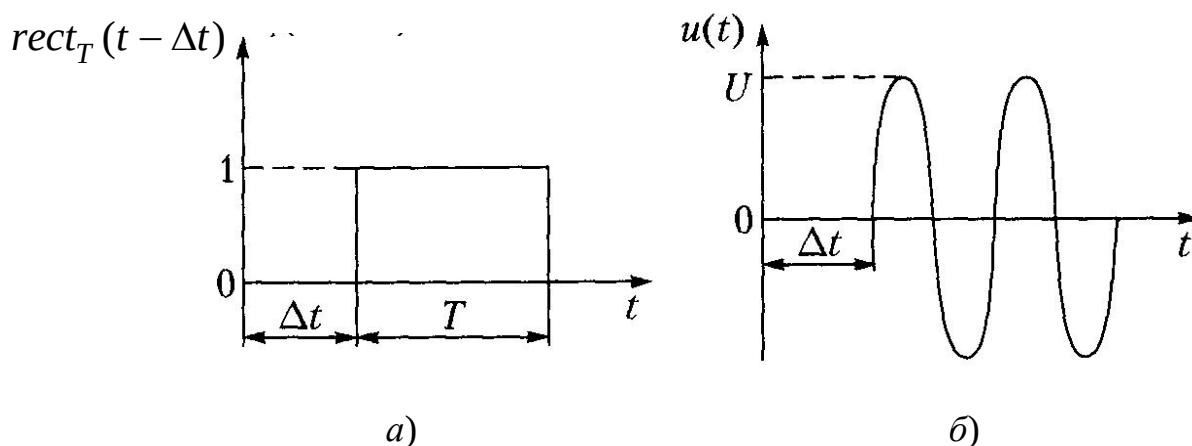


Рис. 6.2. Виды сигналов:

a – электрический; b – синусоидальное колебание

В общем случае у этого колебания (рис. 6.2, b) можно изменять в соответствии с передаваемым сообщением любой из его параметров: при изменении амплитуды получаем амплитудно-модулированный сигнал (АМ), если изменить частоту или фазу, то частотно-модулированный (ЧМ) и фазомодулированный (ФМ) сигналы соответственно.

Манипуляция представляет собой произвольную дискретную модуляцию.

При дискретной модуляции сообщение выступает как последовательность кодовых символов (например, «0» и «1»), которым соответствуют импульсы постоянного напряжения с одинаковой длительностью, но различной полярности. Эта последовательность импульсов посредством манипулятора преобразуется в последовательность элементов сигнала. В этом случае можно получить амплитудную, частотную и фазовую модуляции (манипуляции).

На рис. 6.3 показаны формы сигналов для двоичных символов при различных видах дискретной модуляции.

При АМ символу «1» соответствует передача колебания в течение времени τ (посылка), символу «0» – отсутствие колебания (пауза).

При ЧМ передаче колебания с частотой ω_1 соответствует символ «1», а с частотой ω_2 – «0».

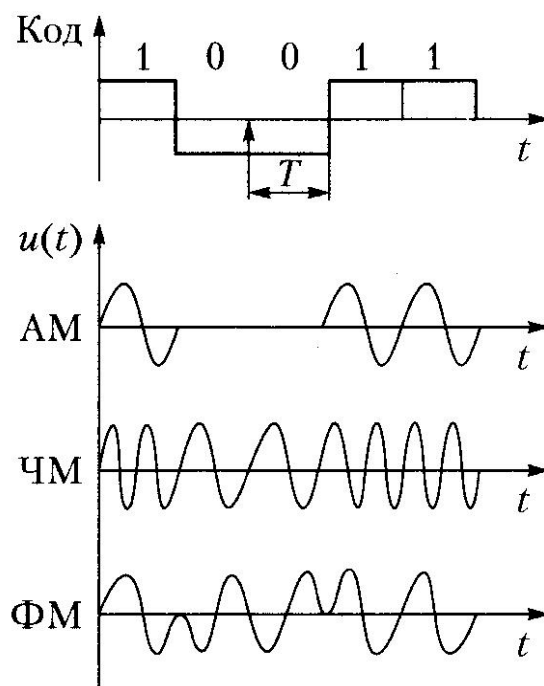


Рис. 6.3. Виды двоичных сигналов

Наиболее помехоустойчивой является фазовая модуляция, или манипуляция (ФМн). Это объясняется «амплитудным» характером воздействующих помех, и такой параметр, как фаза несущей, менее других параметров подвергается этому воздействию.

При ФМн меняется фаза колебания на 180° при каждом переходе от символа «1» к «0» и от «0» к «1».

Основными параметрами сигнала являются длительность сигнала T и ширина спектра.

Спектром сигнала как временной функции $u(t)$ называется совокупность его гармонических составляющих (гармоник), образующих ряд Фурье:

$$u(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos(2\pi k f_1 t) + b_k \sin(2\pi k f_1 t)), \quad (6.2)$$

где f_1 – частота повторения сигнала (или частота первой гармоники); k – номер гармоники.

Кроме ряда (6.2) широко используется ряд

$$u(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (C_k \cos(2\pi k f_1 t) + \phi_0), \quad (6.3)$$

где $C_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$ – амплитуды гармоник; $\phi_k = -\arctg(b_k/a_k)$ – фазы гармоник (косинусоид).

Применяются также ряды с синусоидами под знаком суммы.

Коэффициенты Фурье определяются выражениями:

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T u(t) \cos(2\pi k f_1 t) dt, \quad (6.4)$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T u(t) \sin(2\pi k f_1 t) dt, \quad (6.5)$$

где $T = 1/f_1$ – период повторения сигнала (периодической функции) $u(t)$.

Для нахождения коэффициентов (6.4) и (6.5) используют формулы численного интегрирования:

$$a_k = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N-1} u_i \cos(2\pi k f_1 i \Delta t), \quad (6.6)$$

$$b_k = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N-1} u_i \sin(2\pi k f_1 i \Delta t), \quad (6.7)$$

где $\Delta t = T/N$ – шаг, с которым расположены абсциссы $u(t)$.

Найденные по формулам (6.6) и (6.7) коэффициенты Фурье аппроксимируют сигнал $u(t)$ рядом (6.2) или (6.3) с наименьшей погрешностью.

Пример 35. Рассмотрим сигнал в виде периодической последовательности прямоугольных импульсов длительностью τ и амплитудой u_0 , следующих с частотой $\omega_1 = 2\pi/T$ (рис. 6.4).

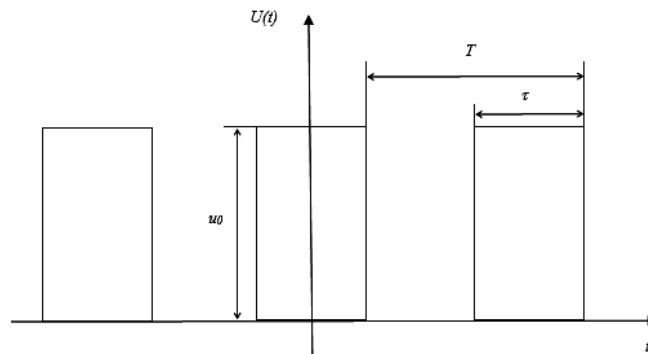


Рис. 6.4. Сигнал в виде импульсов

Отношение T / τ называют скважностью импульсов. Для данного сигнала $T / \tau = 2$.

Спектр такого сигнала содержит бесконечное количество убывающих по амплитуде гармоник.

На рис. 6.5 представлен этот же сигнал, полученный путем суммирования нескольких первых членов ряда Фурье.

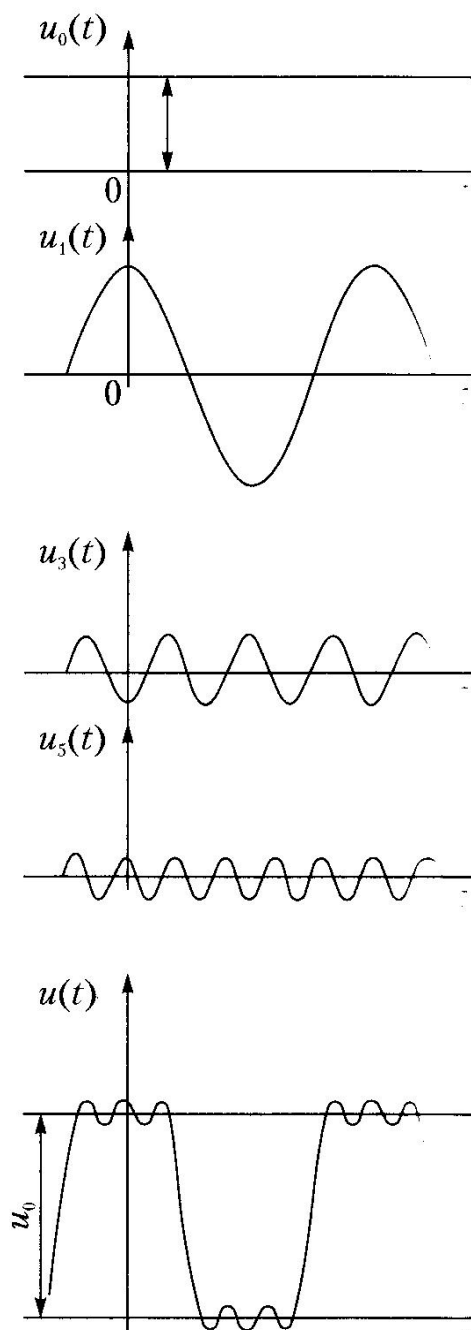


Рис. 6.5. Получение сигнала путем суммирования его гармоник

Полученная последовательность импульсов отличается от прямоугольной в основном недостаточной крутизной фронтов.

Крутизна фронтов импульсов определяется наличием в их спектре составляющих с частотами, многократно превышающими основную частоту.

Таким образом, ширина спектра сигнала дает представление о скорости изменения сигнала.

Хотя спектр сигнала конечной длительности неограничен, для любого сигнала можно указать диапазон частот, в пределах которого сосредоточена основная энергия. Этим диапазоном и определяется ширина спектра сигнала.

Так, для импульсных сигналов большая часть энергии сосредоточена в области частот от 0 до $1/\tau$, поэтому ширина спектра ΔF периодического импульсного сигнала приблизительно оценивается по формуле $\Delta F = 1/\tau$ (Гц).

Для речевого сигнала при телефонной связи ширина спектра ограничивается полосой от 300 до 3400 Гц ($3400 - 300 = 3100$ Гц).

Ширина спектра телевизионного сигнала составляет около 6,5 МГц, телеграфного сигнала – примерно 75 Гц.

Объемом сигнала называют величину

$$V = P\Delta FT, \quad (6.8)$$

где P – мощность сигнала, Вт (в частности, для мобильных телефонов $P = 2$ Вт); ΔF – ширина его спектра, Гц; T – время передачи сигнала, с.

Произведение длительности сигнала на его полосу называют базой сигнала:

$$B = \Delta FT.$$

Если база сигнала порядка единицы, то сигналы называют узкополосными. При $B > 1$ сигналы называют широкополосными.

6.3. Каналы передачи данных и их характеристики

Каналом передачи информации называют совокупность технических средств, обеспечивающую передачу электрических сигналов от одного пункта к другому.

Входы канала подключаются к передатчику, а выходы – к приемнику.

Одной из главных характеристик канала является скорость передачи информации.

Максимально возможная скорость передачи данных по каналу связи называется емкостью канала, обозначается через C и имеет размерность бит/с.

В общем случае емкость канала можно определить по формуле

$$C = I / T ,$$

где I – количество переданной за время T информации.

Пример 36. Емкость канала связи в ранних сетях Ethernet на оптоволокне составляла примерно 10 Мбит/с, а сейчас является величиной порядка 100 Гбит/с.

Исходя из меры количества информации по Хартли и из теоремы Котельникова можно определить емкость канала:

$$C = F \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} \right), \quad (6.9)$$

где F – ширина полосы канала (Гц); P_c – мощность сигнала; $P_{\text{ш}}$ – мощность шума (помех).

Таким образом, емкость канала ограничивается двумя величинами: шириной полосы канала и шумом.

Соотношение (6.9) представляет собой формулу Хартли – Шеннона и считается основной в теории информации.

Полоса частот и мощность сигнала входят в эту формулу таким образом, что при выполнении условия $C = \text{const}$ для сужения полосы частот необходимо увеличивать мощность сигнала, и наоборот.

К основным характеристикам каналов связи относятся:

- амплитудно-частотная характеристика (АЧХ);
- полоса пропускания;
- затухание;
- пропускная способность;
- достоверность передачи данных;
- помехоустойчивость.

Для определения характеристик канала связи применяется анализ его реакции на некоторое эталонное воздействие. Чаще всего в качестве эталона используются синусоидальные сигналы разных частот.

АЧХ показывает, как изменяется амплитуда синусоиды на выходе линии связи по сравнению с амплитудой на ее входе для всех частот передаваемого сигнала.

Полоса пропускания – это диапазон частот, для которых отношение амплитуды выходного сигнала к входному превышает некоторый заданный предел (обычно $1/\sqrt{2}$).

Эта полоса частот определяет диапазон частот эталонного сигнала, при которых сигнал передается без значительных искажений.

Затухание определяется как относительное уменьшение амплитуды или мощности сигнала при передаче по линии связи сигнала определенной частоты.

Затухание L обычно измеряется в децибелах (дБ) и вычисляется по формуле

$$L = 10 \lg \left(\frac{P_{\text{ВЫХ}}}{P_{\text{ВХ}}} \right),$$

где $P_{\text{ВЫХ}}$ – мощность сигнала на выходе линии; $P_{\text{ВХ}}$ – мощность сигнала на входе линии.

Пропускная способность характеризует максимально возможную скорость передачи данных по линии связи и измеряется в битах в секунду (бит/с), а также в производных единицах кбит/с, Мбит/с, Гбит/с. На пропускную способность линии оказывает влияние физическое и логическое кодирование.

Способ представления дискретной информации в виде сигналов, передаваемых на линию связи, называется физическим линейным кодированием. От выбранного способа кодирования зависят спектр сигнала и, соответственно, пропускная способность линии.

Таким образом, для одного или другого способа кодирования линия может иметь разную пропускную способность. Если сигнал изменяется так, что можно различить только два его состояния, то любое его изменение будет соответствовать наименьшей единице информации – биту. Если сигнал изменяется так, что можно различить более двух состояний, то любое его изменение несет несколько бит информации.

Количество изменений информационного параметра несущего колебания (периодического сигнала) в секунду измеряется в бодах. Пропускная способность в бит/с в общем случае не совпадает с числом бод. Если сигнал имеет более двух различных состояний, то пропускная способность в бит/с будет выше, чем число бод.

Пример 37. Если информационными параметрами являются фаза и амплитуда синусоиды, причем различают четыре состояния фазы и два значения амплитуды, то информационный сигнал имеет 8 различных состояний. В этом случае модем, работающий со скоростью 2400 бод, передает информацию со скоростью 7200 бит/с, так как при одном изменении сигнала передается 3 бита информации.

При использовании сигнала с двумя различными состояниями может сложиться обратная ситуация.

В частности, при кодировании единичного значения бита импульсом положительной полярности, а нулевого значения бита — импульсом отрицательной полярности, сигнал дважды меняет свое состояние при передаче каждого бита. При таком способе кодирования пропускная способность линии в два раза ниже, чем число бод передаваемое по линии.

На пропускную способность оказывает влияние логическое кодирование, которое выполняется до физического и подразумевает замену бит исходной информации новой последовательностью бит, несущей ту же информацию, но обладающей при этом дополнительными свойствами (обнаруживающие коды, шифрование). При этом искаженная последовательность бит заменяется более длинной последовательностью, поэтому пропускная способность канала уменьшается.

В общем случае связь между полосой пропускания линии и ее максимально возможной пропускной способностью определяется соотношением (6.9). Из этого соотношения следует, что, хотя теоретического предела увеличения пропускной способности линии (с фиксированной пропускания) нет, на практике такой предел существует. Повысить пропускную способность можно, увеличив мощность передатчика или уменьшая мощность помех. Однако увеличение мощности передатчика приводит к росту его габаритов и стоимости, а уменьшение шума требует специальных кабелей с хорошими защитными экранами и снижению шума в аппаратуре связи.

Емкость канала представляет максимальную величину скорости передачи. Чтобы достигнуть такой скорости, информация должна быть закодирована наиболее эффективным образом. Шеннон доказал принципиальную возможность такого кодирования.

Реальная эффективность систем связи характеризуется параметром, равным скорости передачи информации R на единицу ширины полосы F , вычисляемым по формуле R/F .

Достоверность передачи данных характеризует вероятность искажения каждого передаваемого бита данных. Показателем достоверности является вероятность ошибочного приема информационного символа $P_{\text{ош}}$. Величина $P_{\text{ош}}$ для каналов связи без дополнительных средств защиты от ошибок обычно находится в диапазоне $10^{-4} \dots 10^{-6}$. Это значит, что при $P_{\text{ош}} = 10^{-4}$ в среднем из 10000 бит искажается значение одного бита.

В оптоволоконных линиях связи $P_{\text{ош}}$ составляет около 10^{-9} .

Искажения бит происходят как из-за наличия помех на линии, так и из-за искажений формы сигнала, ограниченной полосой пропускания линии. Поэтому для повышения достоверности передаваемых данных необходимо повышать степень помехоустойчивости линий, а также использовать более широкополосные линии связи.

Непрерывной составной частью любого канала является линия связи – физическая среда, обеспечивающая поступление сигналов от передающего устройства к приемному.

В зависимости от среды передачи данных линии связи могут быть:

- проводные (воздушные);
- кабельные (медные и волоконно-оптические);
- беспроводные каналы связи (радиоканалы наземной и спутниковой связи).

6.4. Помехоустойчивое кодирование

Для передачи 32 букв алфавита требуется пять двоичных разрядов.

Если при передаче кодовой комбинации произойдет одна ошибка, то принятая комбинация будет интерпретироваться как другая буква.

При этом невозможно отличить ошибочную комбинацию от безошибочной, поскольку все они являются разрешенными. Однако за счет смысловой избыточности текста можно восстановить переданное сообщение.

Поэтому на телеграфной сети не применяется помехоустойчивое кодирование, так как в данном случае «оптимальным» декодером является сам человек-получатель телеграммы.

Суть помехоустойчивого кодирования состоит в том, что в передаваемую кодовую комбинацию по определенным правилам вносится избыточность (признаки разрешенной комбинации).

Правила внесения избыточности (признаки) должны быть известны как на передающей, так и на приемной стороне. Если на приемной стороне эти признаки в кодовой комбинации не обнаруживаются, то считается, что произошла ошибка (или ошибки). В противном случае (при наличии признаков) считается, что кодовая комбинация принята правильно (является разрешенной). Внесение избыточности при использовании помехоустойчивых (корректирующих кодов) обязательно связано с увеличением числа разрядов (длины) кодовой комбинации n .

При этом все множество $N_0 = 2^n$ комбинаций можно разбить на два подмножества:

- подмножество разрешенных комбинаций, обладающих определенными признаками;
- подмножество запрещенных комбинаций, не имеющих указанных признаков.

Корректирующий код отличается от обычного тем, что в канал передаются не все кодовые комбинации N_0 , которые можно сформировать из имеющегося числа разрядов n , а только их часть N , которая составляет подмножество разрешенных комбинаций. Если в результате искажений переданная кодовая комбинация переходит в подмножество запрещенных кодовых комбинаций, то ошибка будет обнаружена. Однако если совокупность ошибок в данной кодовой комбинации превращает ее в какую-либо другую разрешенную, то в этом случае ошибки не могут быть обнаружены.

Поскольку любая из N разрешенных комбинаций может превратиться в любую из N_0 возможных, то общее число таких случаев равно $N \cdot N_0$.

Очевидно, что число случаев, в которых ошибки обнаруживаются, равно $N(N_0 - N)$, где $N_0 - N$ равно числу запрещенных комбинаций.

Тогда доля обнаруживаемых ошибочных комбинаций составит

$$\frac{N(N_0 - N)}{NN_0} = 1 - \frac{N}{N_0}.$$

Пример 38. Если $N_0 = 100$, $N = 20$, то ошибка обнаруживается в 80 % случаев.

Большинство разработанных до настоящего времени кодов предназначено для корректирования взаимно независимых ошибок определенной кратности и пачек (пакетов) ошибок.

Кратностью ошибки называется количество искаженных символов в кодовой комбинации.

Наиболее вероятны ошибки низшей кратности, которые и должны быть обнаружены и исправлены в первую очередь. Кроме того, при взаимно независимых ошибках наиболее вероятен переход в кодовую комбинацию, отличающуюся от данной в наименьшем числе символов.

Степень отличия любых двух кодовых комбинаций характеризуется кодовым расстоянием (расстоянием Хемминга). Оно выражается числом символов, в которых комбинации отличаются одна от другой, и обозначается через d . Чтобы получить кодовое расстояние между двумя комбинациями двоичного кода, достаточно подсчитать число единиц в сумме этих комбинаций по модулю 2.

Пример 39. Вычислим расстояние Хемминга между кодовыми комбинациями 10-разрядного кода:

$$\begin{array}{r} 1001111101 \\ \oplus \\ 1100001010 \\ \hline 0101110111 \end{array}$$

Таким образом, получаем кодовое расстояние $d = 7$.

Минимальное расстояние, взятое по всем кодовым парам разрешенных комбинаций кода, называют минимальным кодовым расстоянием.

Декодирование после приема может производиться таким образом, что принятая кодовая комбинация отождествляется с той разрешенной, которая находится от нее на наименьшем кодовом расстоянии. Такое декодирование называется декодированием по методу максимального правдоподобия.

Очевидно, что при минимальном кодовом расстоянии $d = 1$ все кодовые комбинации являются разрешенными.

Пример 40. При $n = 3$ разрешенные комбинации образуют следующее множество: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111.

Любая одиночная ошибка трансформирует данную комбинацию в другую разрешенную комбинацию. Это случай безызбыточного кода, не обладающего корректирующей способностью.

Если $d = 2$, то ни одна из разрешенных кодовых комбинаций при одиночной ошибке не переходит в другую разрешенную комбинацию.

Пример 41. Подмножество разрешенных кодовых комбинаций для $n = 3$ может быть образовано по принципу четности в них числа единиц:

000, 011, 101, 110 – разрешенные комбинации;

001, 010, 100, 111 – запрещенные комбинации.

Данный код обнаруживает одиночные ошибки, а также другие ошибки нечетной кратности (при $n = 3$ – тройные).

В общем случае при необходимости обнаруживать ошибки кратности до r_0 включительно, должно выполняться условие

$$d \geq r_0 + 1.$$

Действительно, одновременная ошибка в r_0 разрядах кода создает новую кодовую комбинацию, отстоящую от первой на расстоянии r_0 . Чтобы она не совпала с какой-либо другой разрешенной кодовой комбинацией, минимальное расстояние между двумя разрешенными кодовыми комбинациями должно быть хотя бы на единицу больше, чем r_0 .

Для исправления r_0 -кратной ошибки необходимо, чтобы новая кодовая комбинация, полученная в результате такой ошибки, не только не совпадала с какой-либо разрешенной комбинацией, но и оставалась ближе к правильной комбинации, чем к любой другой разрешенной.

Таким образом, должно выполняться соотношение

$$r_0 < \frac{1}{2}d.$$

Учитывая, что r_0 и d – целые числа, получаем

$$d \geq 2r_0 + 1.$$

В частности, для исправления одиночной ошибки расстояние Хэмминга между разрешенными кодовыми комбинациями должно быть не менее трех.

Пример 42. При $n=3$ за разрешенные комбинации можно, например, принять 000 или 111. Тогда разрешенной комбинации 000 необходимо сопоставить подмножество запрещенных кодовых комбинаций 001, 010, 100, образующихся в результате возникновения единичной ошибки в комбинации 000.

Аналогично разрешенной комбинации 111 необходимо сопоставить подмножество запрещенных кодовых комбинаций: 110, 011, 101, образующихся в результате возникновения единичной ошибки в комбинации 111 (рис. 6.6).



Рис. 6.6. Соответствие разрешенных и запрещенных комбинаций

Таким образом, при $n=3$ имеем $N_0 = 2^3 = 8$ кодовых комбинаций, из которых только $N = 2$ разрешенных.

С использованием данного трехразрядного кода можно передать только два различных сообщения. Для передачи двух сообщений обычным не помехоустойчивым способом достаточно было бы одноразрядных комбинаций «0» и «1».

Таким образом, обеспечение возможности исправления единичной ошибки в нашем случае связано с увеличением длины кода на $k=2$ разряда.

Величину ω , равную отношению числа дополнительных проверочных разрядов кода k и разрядности кода n , называют избыточностью корректирующего кода:

$$\omega = \frac{k}{n} = \frac{n-m}{n} = 1 - \frac{m}{n},$$

где m – число информационных символов корректирующего кода.

Величина

$$\frac{m}{n} = 1 - \omega$$

показывает, какую часть общего числа символов кодовой комбинации составляют информационные символы. Она характеризует относительную скорость передачи.

Если производительность источника информации равна R символов в секунду, то скорость передачи после кодирования этой информации равна

$$R' = R \frac{m}{n},$$

поскольку в закодированной последовательности из каждых n символов только m символов являются информационными.

При построении корректирующих кодов возникает задача нахождения наибольшего числа N кодовых комбинаций n -значного двоичного кода, расстояние между которыми не менее d .

Общее решение этой задачи в настоящее время неизвестно. Некоторые частные результаты приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

d	N
1	$N_{\max} = 2^n$
2	$N_{\max} = 2^{n-1}$
3	$N_{\max} \leq \frac{2^n}{1+n}$
4	$N_{\max} \leq \frac{2^{n-1}}{n}$

Задания по теме 6

Написать программу для решения следующей задачи:

1. Сколько разрешенных кодовых комбинаций 4-значного двоичного кода необходимо для обеспечения минимального кодового расстояния равного 3?

2. Разрядность кода равна 1 байту, из них только 6 бит информационных. Какова избыточность этого кода? Определить скорость передачи после кодирования.

3. По каналу связи можно передавать однобайтовые комбинации, причем только 64 из них разрешенные. Какова доля обнаруживаемых ошибочных комбинаций?

4. Каково расстояние Хемминга между кодами английских букв A и Z в ASCII-кодировке?

5. При помехоустойчивом кодировании необходимо обнаруживать одиночные ошибки. Каково должно быть в этом случае минимальное кодовое расстояние?

6. Период следования импульсов в некотором сигнале равен 10 мс, длительность каждого импульса составляет 2 мс. Определить скважность этого сигнала.

7. Скважность последовательности импульсов в некотором сигнале равна 5. Длительность каждого импульса составляет 10 мс. Определить период следования импульсов.

8. Разговор по мобильному телефону (мощность 2 Вт) продолжался 1 мин. Определить объем сигнала и вид сигнала (узкополосный или широкополосный).

9. Мощность некоторого телевизионного передатчика составляет 40 кВт. Определить объем сигнала, полученного за 1 ч. Определить вид сигнала (узкополосный или широкополосный).

10. Какова емкость канала связи, если максимальный размер файла, передаваемого по нему за 1 мин, равен 1 Мбайт?

11. Емкость канала связи составляет 10 Мбит/с. Какое понадобится время для передачи по нему файла размером 1 Гбайт?

12. В канале связи соотношение мощностей сигнала на входе и на выходе равно 0,5. Определить затухание в линии связи этого канала.

13. Сравнить эффективность двух систем связи Wi-Fi (скорость передачи 11 Мбит/с, диапазон полосы канала 5150–5350 МГц) и ADSL (скорость передачи 8 Мбит/с, диапазон полосы канала 138 кГц – 1,1 МГц)

14. Частота следования импульсов в некотором сигнале равна 1 кГц, длительность импульса составляет 100 мкс. Определить скважность этого сигнала.

15. Мощность некоторого телеграфного передатчика составляет 5 Вт. Время передачи телеграммы – 3 с. Определить объем сигнала в такой телеграмме и его вид (узкополосный или широкополосный).

16. Ширина полосы канала составляет 30 кГц, соотношение сигнал/шум (по мощности) равно 10. Определить емкость канала.

17. Емкость канала связи составляет 10 Мбит/с. Соотношение сигнал/шум (по мощности) равно 20. Какова ширина полосы канала?

18. Затухание канала связи равно –10 дБ. Мощность сигнала на входе линии связи равна 10 Вт. Какова мощность сигнала на выходе линии связи?

19. При помехоустойчивом кодировании необходимо обнаруживать двукратные ошибки. Каково должно быть в этом случае минимальное кодовое расстояние?

20. Каково должно быть минимальное кодовое расстояние для исправления одиночной ошибки?

21. Каково должно быть минимальное кодовое расстояние для исправления двукратной ошибки?

22. Избыточность 3-разрядного корректирующего кода равна $2/3$. Производительность источника информации равна 10 Мбайт/с. Определить скорость передачи после кодирования. Какое должно быть кодовое расстояние в этом коде для исправления однократных ошибок?

23. Какие кодовые комбинации являются разрешенными и запрещенными для исправления одиночной ошибки при трехразрядном кодировании?

24. Сравнить эффективность двух систем связи Ethernet (скорость передачи 100 Мбит/с, ширина полосы канала – 16 МГц) и ADSL (скорость передачи 8 Мбит/с, диапазон полосы канала 138 кГц – 1,1 МГц)

25. Скважность последовательности импульсов в некотором сигнале равна 5. Период следования импульсов 2 мс. Определить длительность каждого импульса.

26. Круговая частота следования импульсов 6280 рад/с. Длительность каждого импульса 500 мкс. Определить скважность этого сигнала.

27. Длительность импульса в последовательности равна 100 мкс. Оценить ширину спектра периодического импульсного сигнала.

28. Скважность последовательности импульсов в некотором сигнале равна 3. Длительность каждого импульса 10 мс. Определить частоту и круговую частоту следования импульсов.

29. Сравнить эффективность двух систем связи Ethernet (скорость передачи 100 Мбит/с, ширина полосы канала 16 МГц) и цифрового телевидения (скорость передачи 160 Мбит/с, ширина полосы канала – 6 МГц)

30. Каково расстояние Хемминга между кодами английских букв *a* и *z* в ASCII-кодировке?

31. Каково должно быть минимальное кодовое расстояние для исправления трехкратной ошибки?

32. Каково расстояние Хемминга между кодами английских букв *A* и *z* в ASCII-кодировке?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранова Е. К. Основы информатики и защиты информации : учеб. пособие. М. : РИОР : ИНФРА-М, 2013. 183 с.
2. Зыкова Г. В., Пергунов В. В., Попов А. С. Теоретические основы информатики : учеб. пособие. 2-е изд., стер. М. : ФЛИНТА, 2017. 115 с.
3. Трофимов В. В., Барабанова М. И., Кияев В. И., Трофимова Е. В. Информационные системы и цифровые технологии : учеб. пособие / под общ. ред. проф. В. В. Трофимова и В. И. Кияева. М. : ИНФРА-М, 2021. Ч. 1. 253 с.
4. Лянг В. Ф. ЭВМ и периферийные устройства : учеб. пособие. М. : ИНФРА-М, 2023. 580 с.
5. Минитаева А. М. Кодирование информации. Системы счисления. Основы логики : учеб. пособие. М. : МГТУ им. Баумана, 2019. 108 с.
6. Хохлов А. Е., Буданов К. М. Основы компьютерной обработки информации : учеб. пособие. Пенза : Изд-во ПГУ, 2017. 114 с.

Учебное издание

**Буданов Константин Михайлович,
Хохлов Алексей Евгеньевич**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Редактор В. В. Чувашова

Технический редактор Ю. В. Анурова

Компьютерная верстка Ю. В. Ануровой

Дизайн обложки О. И. Жаровой

Подписано в печать 30.09.2025.

Формат 60×84¹/₁₆. Усл. печ. л. 7,09.

Заказ № 483. Тираж 38.

Издательство ПГУ

440026, г. Пенза, ул. Красная, 40

Тел.: (8412) 66-60-49, 66-67-77; e-mail: iic@pnzgu.ru