



Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана

## **Учебное пособие**

**А.М. Губарь**

### **НАЧАЛЬНЫЙ КУРС ИНФОРМАТИКИ**

*Конспект лекций*

*Часть 2*

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана

Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана

**А.М. Губарь**

## **НАЧАЛЬНЫЙ КУРС ИНФОРМАТИКИ**

**Конспект лекций**

**Часть 2**

*Рекомендовано Научно-методическим советом  
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

Москва  
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана  
2012

УДК 681.3.06(075.8)  
ББК 32.81  
Г93

Рецензенты: *С.А. Рамишвили, Г.И. Ревунков*

**Губарь А. М.**

Г93      Начальный курс информатики : Конспект лекций / А.М. Губарь : в 4 ч. Ч. 2. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 76, [4] с. : ил.

Рассмотрены вопросы представления и преобразования информации, энергетическая природа информационного сообщения, изучены параметры и виды информационных сигналов, дано представление о кодах передачи информации, об аналого-цифровом и цифроаналоговом преобразованиях, способах обработки информации. Приведен обзор развития вычислительных средств, поколений ЭВМ, классификация систем обработки информации, общая структура персонального компьютера, сведения об устройствах ввода и вывода информации.

Содержание учебного пособия соответствует курсу лекций, которые автор читает для бакалавров в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов младших курсов факультета ИУ.

УДК 681.3.06(075.8)  
ББК 32.81

## 4. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

### 4.1. Представление информации

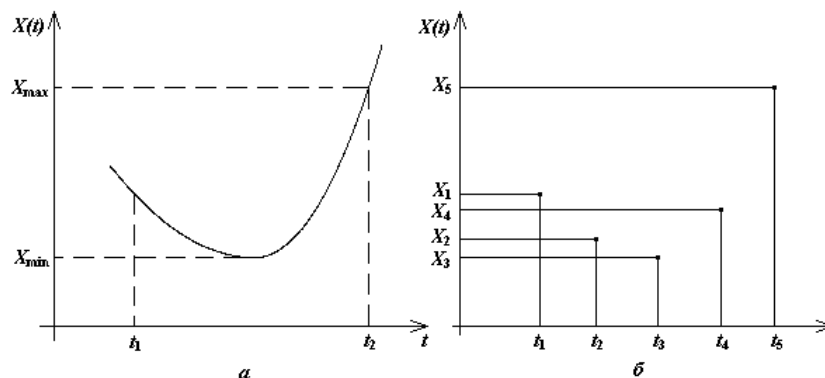
*Энергетическая природа информационного сообщения.* Сообщение, являющееся носителем информации, можно трактовать как управляющий сигнал в автоматической системе или ряд символов, переданных тем или иным способом и воспринятых получателем. Его можно связать и с получением определенного знания. Таким образом, мы имеем дело или с материальными объектами, или вторгаемся в сферу идеального, так как говорим в последнем случае об отражении человеческих представлений о мире.

Основное внимание сосредоточим на материальной природе информационных сообщений. Они весьма разнородны, поэтому сначала подойдем формально к их рассмотрению, чтобы выделить две главные особенности, присущие всем без исключения информационным сигналам. Для этого нам придется воспользоваться обычными представлениями из курса математического анализа.

Как известно, существуют три способа задания математической функции: ее можно представить аналитически (т. е. в виде формулы), в виде таблицы или графически. На рис. 4.1 приведены графики непрерывной и дискретной функции  $x(t)$ .

Непрерывная функция  $x(t)$  может принимать бесконечное множество любых вещественных значений в диапазоне  $x_{\min} \dots x_{\max}$  при изменении аргумента  $t$  в интервале  $t_1 \dots t_2$ . Дискретная функция  $x(t)$  принимает значения в том же диапазоне только при определенных значениях аргумента. У нас таких значений аргумента пять ( $t_1, \dots, t_5$ ), соответственно получаем пять значений функции  $x(t)$ . Причем неважно, каким малым будет расстояние

между двумя соседними значениями аргумента, т. е. интервал дискретности. В любом случае множество значений дискретной функции в отличие от непрерывной функции будет конечно.



**Рис. 4.1.** Графики непрерывной (а) и дискретной (б) функции  $x(t)$

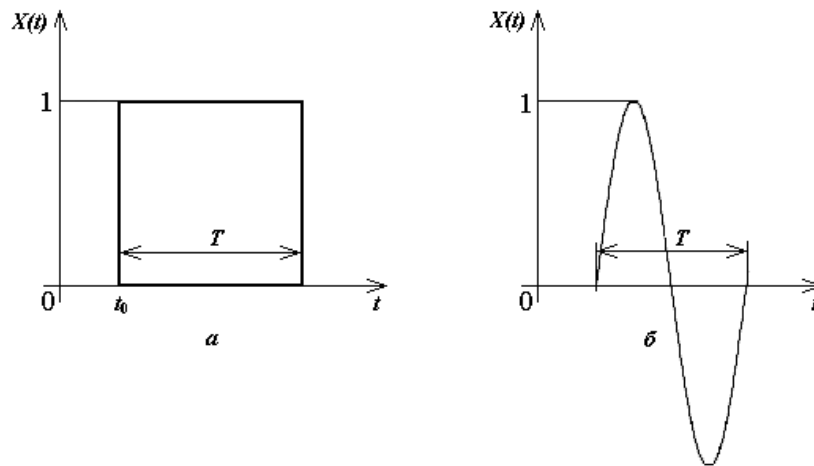
В связи с этим возникает вопрос о соответствии этих двух видов функции. Другими словами, можно ли непрерывную функцию заменить какой-либо дискретной, а затем по последней восстановить исходную непрерывную функцию? Ответ на поставленный вопрос имеет не только теоретическое, но сугубо практическое значение.

Дело в том, что информация всегда представляется и передается в виде сообщения, имеющего энергетическую природу. Это могут быть звуковые, световые, электрические и прочие сигналы, которыми обмениваются разнообразные устройства или живые существа. Сигналы, в свою очередь, могут быть как непрерывными, так и дискретными. Например, речь человека представляет собой совокупность непериодических колебаний звука во времени и является непрерывным сообщением. Примером дискретного сообщения может служить слово, передаваемое кодом Морзе. Следовательно, всегда существует проблема взаимодействия сигналов разного вида, а также их преобразования из аналоговой формы в цифровую и обратно. Кстати, прилагательное «аналоговый» подчеркивает, что такой сигнал аналогичен отображаемому процессу.

В современных вычислительных системах для передачи информации используют в основном электрические сигналы. Ток или

напряжение являются той физической величиной, которая определяет такой сигнал. Преобразование конкретного сообщения в электрический сигнал осуществляют различные датчики, например, при передаче речи такое преобразование выполняет микрофон. Однако первичный сигнал на выходе преобразователя, как правило, является низкочастотным колебанием и не может быть передан на значительные расстояния, поэтому необходимо преобразовать его в высокочастотный сигнал. Объясняется это тем, что если размеры излучателя соизмеримы с длиной излучаемой волны, то излучение электромагнитных волн осуществляется эффективно, поэтому передача электрических сигналов по линиям связи выполняется на очень коротких волнах, т. е. на высоких частотах, а сам сигнал передается на несущей частоте.

*Параметры и виды информационных сигналов.* На рис. 4.2, а показан электрический сигнал в виде идеализированного импульса единичной амплитуды, а на рис. 4.2, б – синусоидальное колебание, модулированное по амплитуде этим импульсом.



**Рис. 4.2.** Единичный импульс (а) и синусоидальное колебание (б)

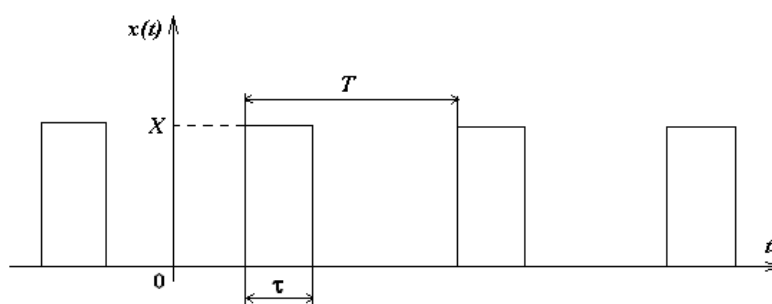
Как видно из рисунка, сигнал несущей частоты является гармоническим колебанием, которое может быть описано следующим уравнением:

$$x(t) = X \sin (2\pi t / T - \varphi_0) = X \sin (\omega t - \varphi_0),$$

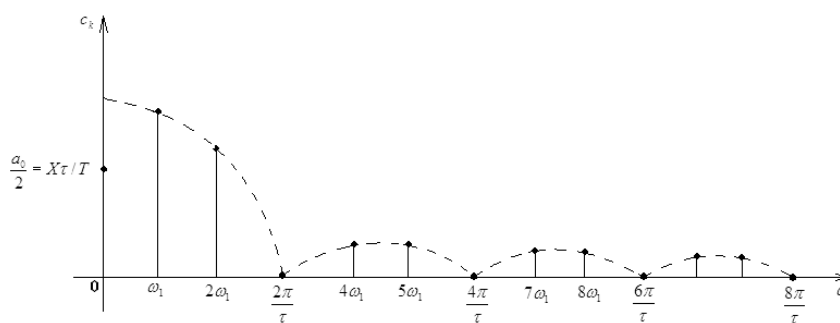
где  $X$  – амплитуда колебания;  $t$  – время;  $T$  – период повторения сигнала;  $\omega$  – круговая частота первой гармоники, причем  $\omega = 2\pi f$ ;  $\varphi_0$  – начальная фаза колебания;  $f = 1/T$  – основная частота сигнала.

Существенными параметрами любого сигнала можно считать его длительность, т. е. время, в течение которого он существует, и ширину спектра. *Спектром сигнала  $x(t)$  как функции времени* называется совокупность его гармонических составляющих.

В качестве примера на рис. 4.3–4.5 представлены сигнал в виде периодической последовательности прямоугольных импульсов, спектр этого сигнала и его диаграмма спектра фаз.

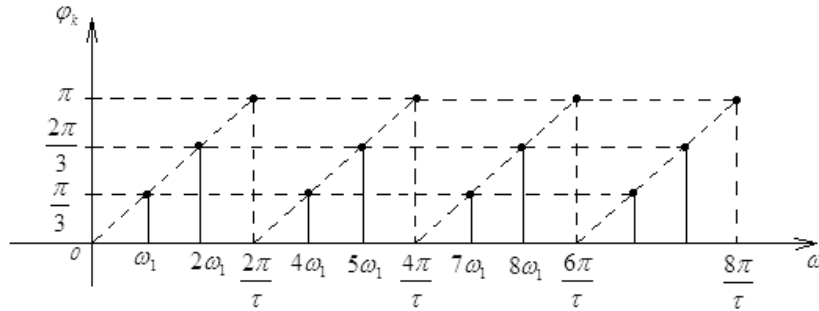


**Рис. 4.3.** Исходная последовательность импульсов



**Рис. 4.4.** Спектр исходного сигнала

Каждый импульс периодической последовательности прямоугольных импульсов имеет амплитуду  $X$  и длительность  $\tau$ . Они следуют друг за другом с периодом  $T$  или частотой  $\omega_1 = 2\pi/T$ ; *скважностью* импульсов называют отношение  $T/\tau$ , для рассматриваемого случая оно равно 3.



**Рис. 4.5.** Диаграмма спектра фаз исходного сигнала

Спектр такого сигнала характеризуется следующими параметрами: бесконечным числом гармоник, амплитуды которых убывают; формой огибающей спектра, описываемой функцией  $|(\sin x)/x|$ ; амплитудой гармоник  $C_k$ , равной нулю в точках  $k/\tau$ , где  $k = 1, 2, \dots$ . В области частот спектра от 0 до  $1/\tau$  расположено  $(T/\tau - 1)$  гармоник. Постоянная составляющая сигнала  $X\tau/T = a_0/2$ .

Покажем, как исходный сигнал возникает из суммирования его гармоник. В качестве примера рассмотрим функцию  $f(x)$ , которая определена в промежутке  $(-\pi, \pi)$  следующим образом:  $f(x) = -\pi/4$  при  $-\pi \leq x < 0$  и  $f(x) = \pi/4$  при  $0 \leq x \leq \pi$ . Функция  $f(x)$  разрывна при  $x = 0$ , где у нее скачок, поскольку  $f(-0) = -\pi/4$ ,  $f(+0) = \pi/4$ . График этой нечетной функции, периодически продолженной за промежуток  $(-\pi, \pi)$ , приведен на рис. 4.6. Во всех внутренних точках промежутка  $(-\pi, \pi)$ , кроме точки разрыва, для  $f(x)$  имеем

$$\sin x + \frac{\sin 3x}{3} + \frac{\sin 5x}{5} + \dots + \frac{\sin(2n-1)x}{2n-1} + \dots = -\frac{\pi}{4}$$

при  $-\pi < x < 0$  и

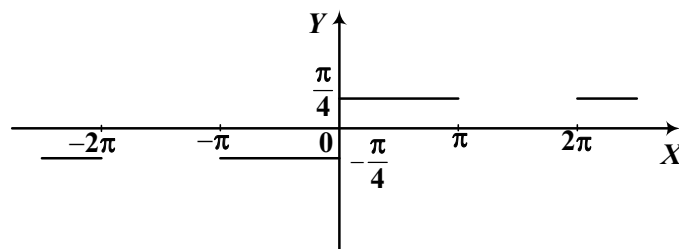
$$\sin x + \frac{\sin 3x}{3} + \frac{\sin 5x}{5} + \dots + \frac{\sin(2n-1)x}{2n-1} + \dots = \frac{\pi}{4}$$

при  $0 < x < \pi$ .

В точке разрыва  $x = 0$  и на концах промежутка  $(-\pi, \pi)$  наша функция  $f(x)$  равна нулю:

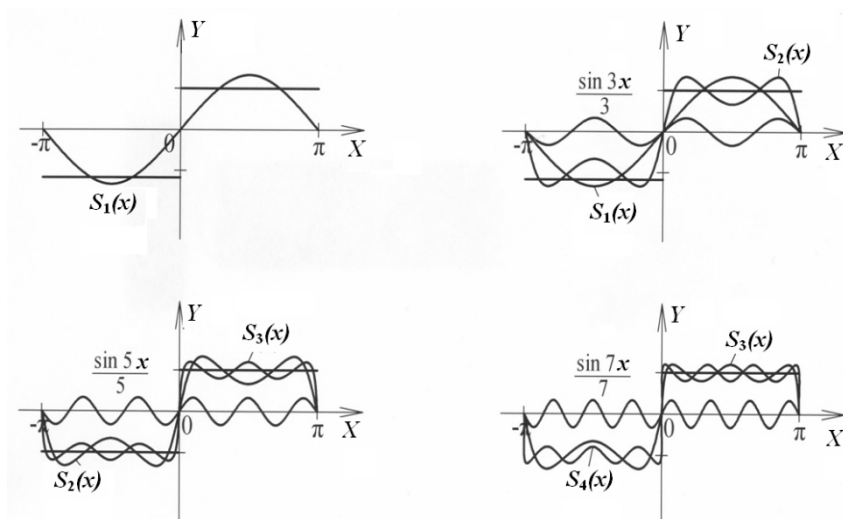
$$(1/2)(-\pi/4 + \pi/4) = 0.$$





**Рис. 4.6.** График нечетной периодической функции

На рис. 4.7 показано, как частичные суммы  $s_1(x)$ ,  $s_2(x)$ ,  $s_3(x)$  и  $s_4(x)$  постепенно приближаются к  $f(x)$ .

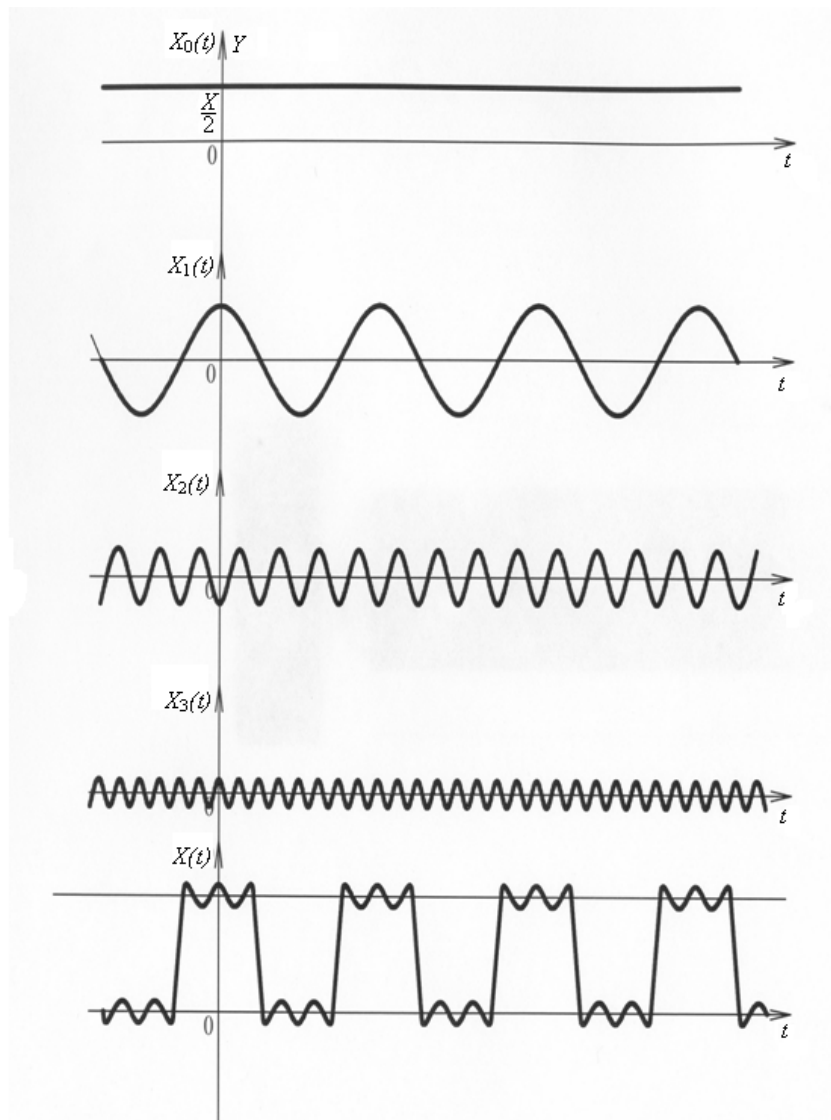


**Рис. 4.7.** Приближение к функции  $f(x)$

На левом верхнем рисунке дан график исходной функции  $f(x)$  и график частичной суммы  $s_1(x)$ . Правый верхний рисунок кроме них содержит график  $s_2(x) = s_1(x) + (\sin 3x)/3$  и т. д.

На рис. 4.8 приведен еще один пример получения сигнала путем суммирования его гармоник.

Исходным сигналом в этом примере является периодическая последовательность прямоугольных импульсов со скважностью  $T/\tau = 2$ . Таким образом, в данном случае имеем четную функцию.



**Рис. 4.8.** Получение исходного сигнала

Сигналы, как и функции, могут быть четными и нечетными. Правильнее сказать, что любой непрерывный сигнал можно представить в виде суммы его четной и нечетной частей:

$$x(t) = x_{\text{ч}}(t) + x_{\text{н}}(t).$$

Достаточно очевидно, что график *четной* части сигнала симметричен относительно оси ординат или относительно оси, проходящей через середину интервала определения, т. е.

$$x_{\text{ч}}(t) = x_{\text{ч}}(-t) \text{ или } x_{\text{ч}}(t) = x_{\text{ч}}(T-t).$$

В свою очередь график *нечетной* части сигнала симметричен относительно начала координат или середины интервала определения, т. е.

$$x_{\text{н}}(t) = -x_{\text{н}}(-t) \text{ или } x_{\text{н}}(t) = -x_{\text{н}}(T-t).$$

Любой сигнал можно представить также в виде суммы его постоянной и переменной составляющих. Постоянная составляющая сигнала  $x_{\text{const}}(t)$  есть его среднее значение на интервале определения:

$$x_{\text{const}} = \frac{1}{T} \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} x(t) dt,$$

где  $T = t_{\max} - t_{\min}$ .

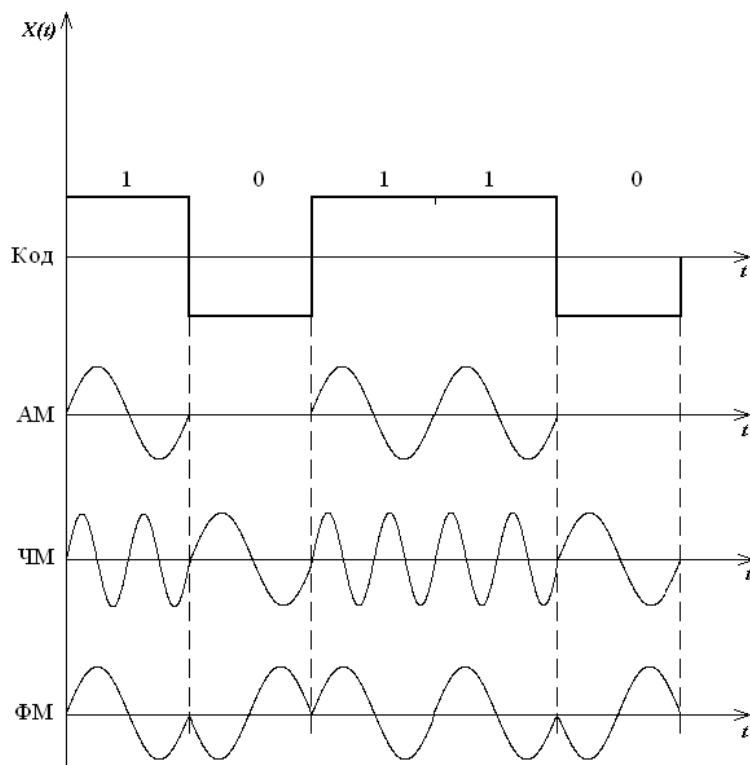
Переменная составляющая сигнала

$$x_{\text{var}}(t) = x(t) - x_{\text{const}}(t),$$

т. е. она получается из сигнала  $x(t)$  путем его смещения по оси ординат на величину  $x_{\text{const}}(t)$ .

Кроме времени сигнал  $x(t)$  может зависеть еще и от других параметров, влияющих на характер его изменения, однако размерность сигнала остается при этом неизменной. Указанными параметрами могут быть, например, амплитуда, частота и фаза сигнала.

*Модуляцией*, которая осуществляется специальными устройствами – **модуляторами**, называется процесс изменения одного из параметров сигнала несущей частоты в зависимости от сообщения, передаваемого на этой несущей. Управляя амплитудой, частотой или фазой, по аналоговому каналу можно передавать в двоичном коде цифровые данные, как показано на рис. 4.9.



**Рис. 4.9.** Виды двоичных сигналов

В рассматриваемом случае сообщение является последовательностью символов «нуль» и «единица», которым соответствуют импульсы постоянного напряжения разной полярности, причем последние преобразуются в последовательность элементов сигнала.

Амплитудно-модулированный (АМ) сигнал получается при изменении амплитуды. При передаче нуля в канале связи сигнал отсутствует, вернее, отсутствуют колебания несущей частоты; при передаче единицы такие колебания есть.

Частотно-модулированный (ЧМ) сигнал получается при изменении частоты. Сигналы, соответствующие нулю и единице, передаются на разных частотах, а при их смене изменяется частота сигнала несущей частоты.

Фазо-модулированный (ФМ) сигнал получается при изменении фазы. При переходе от нуля к единице и наоборот изменяется фаза колебаний, т. е. их направление.

Можно также изменять длительность и временное положение сигнала несущей частоты. В первом случае получаем широтно-импульсную, а во втором – время-импульсную модуляцию.

Мы уже говорили о двух типах сигналов – непрерывных (аналоговых) и дискретных (цифровых). Сигнал считается дискретным по определенному параметру, если этот параметр может принимать конечное или счетное количество значений. Если же соответствующий параметр сигнала принимает любые значения в некотором интервале, а число таких значений бесконечно, то сигнал будет непрерывным по этому параметру. Наконец, сигнал может быть дискретным по одному и непрерывным по другому параметрам – тогда он является дискретно-непрерывным.

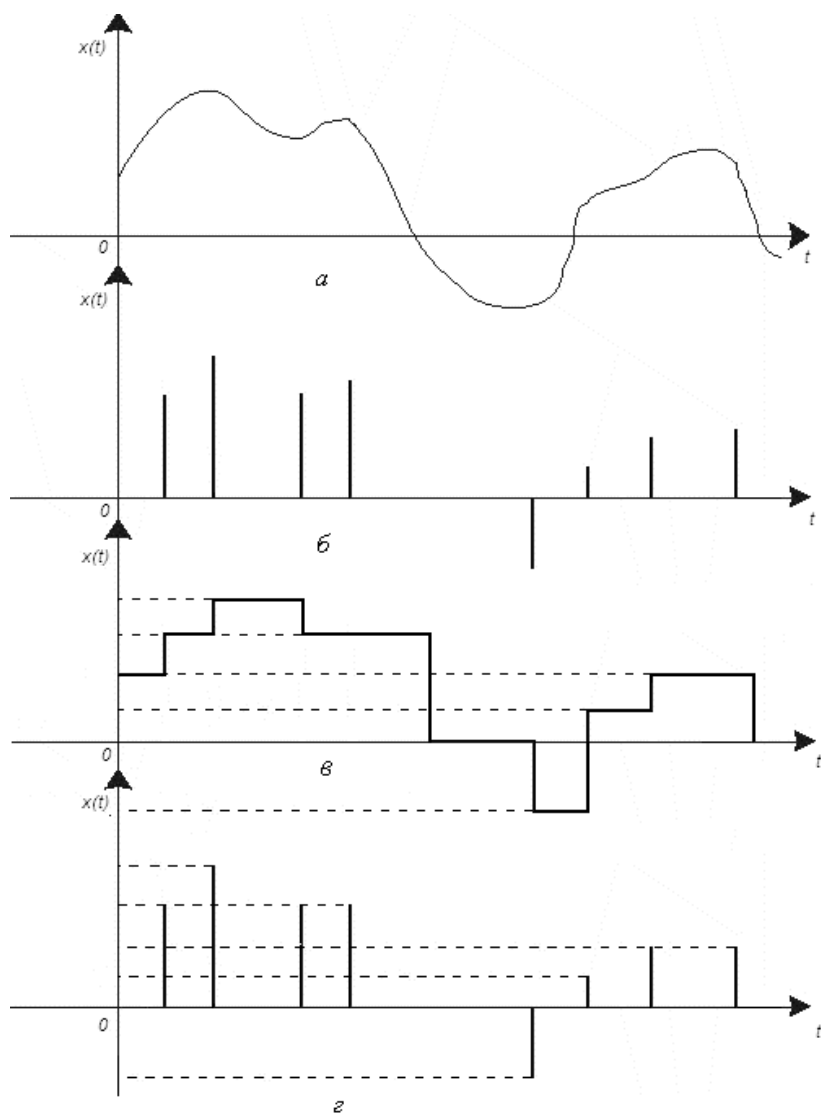
Приведенные рассуждения можно перевести на язык математических представлений *детерминированного*, т. е. строго определенного, сигнала, иллюстрируемого рис. 4.10.

Функция  $x(t)$  является непрерывной функцией непрерывного аргумента  $t$  (рис. 4.10, а), например функцией времени. Множества значений, которые могут принимать функция  $x(t)$  и аргумент  $t$ , лежат в диапазонах  $(x_{\min}, x_{\max})$  и  $(0, t_k)$  соответственно.

Функция  $x(t)$  будет непрерывной функцией дискретного аргумента  $t$  (рис. 4.10, б), например функцией, значения которой берутся только в определенные моменты времени. Множество значений, принимаемых функцией  $x(t)$ , по-прежнему лежит в диапазоне  $(x_{\min}, x_{\max})$ , но они определяются на дискретном множестве значений аргумента  $t_1, t_2, \dots, t_k$ .

Функция  $x(t)$  является дискретной функцией непрерывного аргумента  $t$  (рис. 4.10, в), например функцией времени, значения которой соответствуют заранее заданным уровням; такая функция называется квантованной по уровню. В этом случае значения, принимаемые функцией  $x(t)$ , образуют дискретный ряд чисел  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , а аргумент  $t$  может принимать любое значение в интервале  $(0, t_k)$ .

Функция  $x(t)$  считается дискретной функцией дискретного аргумента  $t$  (рис. 4.10, г), например функцией, которая в строго определенные моменты времени принимает только одно из конечного множества значений, соответствующих заранее заданным уровням. Значения, принимаемые функцией  $x(t)$  и аргументом  $t$ , образуют дискретные ряды чисел  $x_1, x_2, \dots, x_k$  и  $t_1, t_2, \dots, t_k$ , лежащие в тех же диапазонах  $(x_{\min}, x_{\max})$  и  $(0, t_k)$  соответственно.



**Рис. 4.10.** Четыре разновидности сигналов

Следует отметить, что получатель заранее не знает, какое информационное сообщение будет ему передано. В противном случае передача такого сообщения не имеет смысла, поскольку оно не содержит никакой новой информации. А детерминированный сиг-

нал по своей сути означает полностью известный на всем интервале его определения сигнал. Подобные сигналы находят применение, например, при контроле работы и диагностике ЭВМ, но они не могут быть использованы для передачи информации. Когда при обработке данных говорят о детерминированных сигналах, то подразумевают такие сигналы, для которых известны законы изменения во времени, но их параметры, будучи также детерминированными, заранее могут быть не известны. Сущность многих задач обработки информации и заключается в определении таких параметров.

Кроме того, в процессе передачи любое сообщение может быть искажено случайной помехой. Отсюда следует, что каждое сообщение выдается источником с определенной вероятностью, поэтому невозможно *точно* предсказать, как информационный сигнал поведет себя в дальнейшем. Другими словами, сигнал всегда является случайным колебанием и может быть описан только таким процессом, в основе которого лежат вероятностные характеристики, а сам процесс передачи информации описывается с помощью математического аппарата теории вероятностей. Следовательно, в рассматриваемом контексте правомерно говорить о *случайных* сигналах, т. е. о таких, параметры и функции изменения которых заранее не известны.

*Представление кодов для передачи информации.* Когда речь заходит о передаче информации, надо всегда иметь в виду, что чаще всего подразумевается передача на значительные расстояния. Это предъявляет определенные требования к кодированию информации, точнее, к кодам, используемым для этих целей. Различные аспекты, связанные с передачей информации, будут рассмотрены в гл. 7. Мы же сейчас сосредоточимся на графическом представлении таких кодов и их роли в процессе передачи информации. До сих пор изображая информационный сигнал в виде прямоугольного импульса, мы воспринимали его как некую математическую абстракцию, между тем, как мы уже отмечали, любое информационное сообщение имеет энергетическую природу.

Для кодирования информации могут использоваться коды NRZ (от англ. Non Return to Zero – без возврата к нулю), RZ (от англ. Return to Zero – с возвратом к нулю) и некоторые разновидности манчестерского кода.

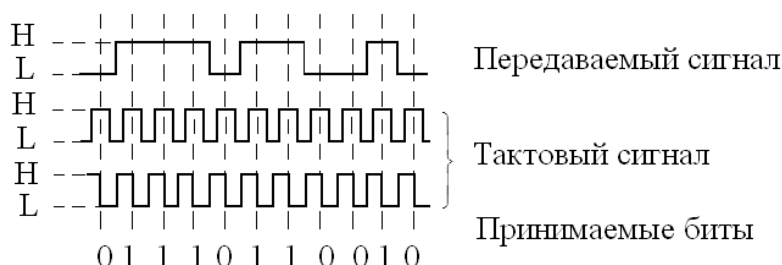
*Код NRZ* является простейшим и представляет собой обычный цифровой сигнал, который мы уже неоднократно приводили в качестве примера. Высокий уровень напряжения, например, +12 В, +5 В или +2,4 В, соответствует логической единице, а низкий уровень (–12 В, 0 или +0,4 В) – логическому нулю, причем эти конкретные значения соотносятся с определенными элементами или устройствами. Разумеется, простота реализации такого кода является его преимуществом, но он обладает и существенным недостатком, так как может использоваться только для передачи коротких сообщений длиной не более 1 Кбита.

Дело в том, что при длительной передаче данных работа передатчика и приемника должна быть согласована во времени, т. е. вестись синхронно. А в случае применения кода NRZ приемник может быть «привязан» только к стартовому биту передаваемого пакета, определяя тем самым момент начала приема сообщения. В течение же всего приема он пользуется только собственным тактовым генератором. Если наблюдается временное рассогласование между передатчиком и приемником, то к концу приема временной сдвиг может оказаться больше, чем длительность одного или нескольких битов, что повлечет за собой потерю части переданных данных.

*Синхронизация* работы передатчика и приемника означает задание одинакового отсчета времени для этих устройств, что разрешает проблему одинакового отсчета ими временных промежутков. Синхронизация совместной работы обеспечивается дополнительной посылкой передатчиком сигналов тактовой частоты, только с приходом которых приемник выбирает информационные сигналы. Сущность этого процесса поясняет рис. 4.11, где буквами *H* и *L* обозначены уровни высокого (от англ. High – высокий) и низкого (от англ. Low – низкий) напряжений, соответствующие логическим единице и нулю.

Здесь представлены две разновидности сигналов тактовой частоты. Синхронизацию можно осуществлять как по уровню тактовых сигналов, так и по их фронту (на рис. 4.11 – заднему). Это связано с тем, что для увеличения скорости передачи тактовые сигналы должны быть малой длительности, но тогда возникают проблемы с их искажением при затухании и кодированием-декодированием. Поэтому предпочтительнее второй вариант синхронизации, когда выборка информационных сигналов происходит по фронту тактового сигнала.

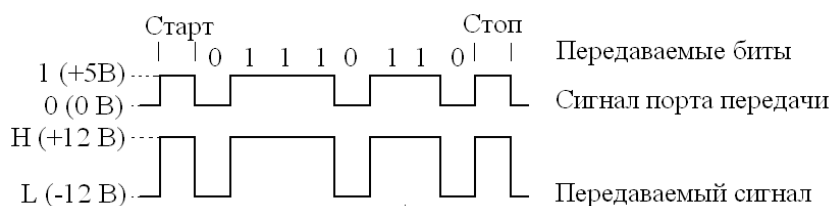




**Рис. 4.11.** Синхронизация работы передатчика и приемника

Совершенно очевидно, что такой подход требует значительно-го усложнения оборудования – ведь необходима отдельная линия связи для передачи по ней сигналов тактовой частоты, поэтому он неприемлем для крупных сетей с большим числом абонентов.

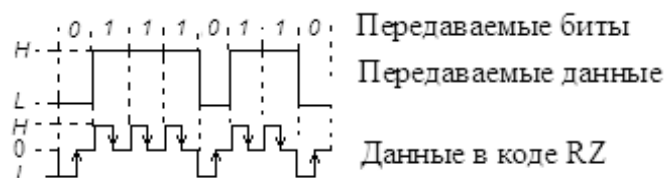
Использование кода NRZ для передачи коротких пакетов, например стандарт RS-232 для последовательного порта персонального компьютера, показано на рис. 4.12.



**Рис. 4.12.** Принцип формирования кода NRZ

Передача информации происходит байтами, каждый из которых сопровождается стартовым и стоповым битами. Стартовый служебный бит, как уже отмечалось, используется для синхронизации начала приема пакета. Его уровень, например 1, отличается от пассивного состояния линии связи, когда она не занята, например, 0 при отсутствии передачи. Уровень напряжения порта передачи +5 В соответствует передаваемым единицам, 0 – передаваемым нулям; для порта приема аналогично. Сигнал, передаваемый в линию связи и принимаемый из нее, также имеет два уровня: +12 В (H) и –12 В (L).

Код RZ (с возвратом к нулю) является трехуровневым. Принцип его формирования иллюстрирует рис. 4.13.



**Рис. 4.13.** Принцип формирования кода RZ

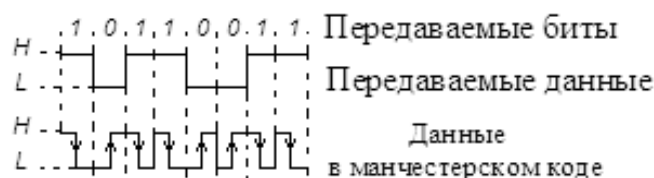
В середине каждого битового промежутка происходит возврат к нулевому уровню, например к нулевому потенциалу. Первая половина битового промежутка, таким образом, соответствует высокому или низкому уровню сигнала. Другими словами, в первой половине битового промежутка всегда имеется положительный или отрицательный импульс, который соответствует логической единице или нулю (возможно и обратное соответствие).

Обязательное наличие в центре каждого бита передаваемой информации положительного (снизу вверх) или отрицательного (сверху вниз) перехода от низкого L или высокого H уровня напряжения к нулевому позволяет легко выделить в полученном сигнале синхроимпульс (*строб*). Это обеспечивает временную привязку не только к стартовому биту передаваемого пакета, как у кода NRZ, но и к любому передаваемому биту, что дает возможность передавать информацию большими пакетами, не боясь потери синхронизации. Коды, несущие в себе строб, называют *самосинхронизирующимися*.

Существенный недостаток кода RZ – необходимость вдвое большей полосы пропускания, чем при использовании кода NRZ, при той же скорости передачи. Это определяется тем, что на один передаваемый бит информации приходится два изменения уровня напряжения, а не одно.

При наличии в коде RZ трех различных уровней он применяется для передачи информации не только по электрическим, но и по оптоволоконным кабелям, поскольку в последних возможны три состояния: нет света, средний свет и сильный свет. Об этом подробнее поговорим в гл. 7.

*Манчестерский код* наиболее часто используется для передачи информации. Он, как и код RZ, является самосинхронизирующимся, но имеет не три, а два уровня, что повышает его помехозащищенность. Формирование манчестерского кода показано на рис. 4.14.



**Рис. 4.14.** Принцип формирования манчестерского кода

Нетрудно заметить, что в центре каждого бита передаваемой информации происходит положительный (снизу вверх) или отрицательный (сверху вниз) переход от низкого уровня напряжения (L) к высокому (H) и наоборот. Положительный переход соответствует логическому нулю, первая половина его битового расстояния представляется низким уровнем напряжения, а вторая – высоким. Для логической единицы наблюдается обратная картина. Таким образом, отсутствует постоянная составляющая сигнала, так как половину интервала он положительный, а другую половину – отрицательный, что улучшает эксплуатационные характеристики линии связи. При нулевом значении одного из уровней сигнала манчестерского кода, как это реализовано в Ethernet, значение постоянной составляющей равно примерно половине амплитуды сигнала, благодаря чему по его отклонению во время передачи легко найти конфликтные ситуации в сети, возникающие при столкновении пакетов.

При наличии перехода в центре каждого передаваемого бита данных в поступившем сигнале можно легко выделить синхросигналы, а это позволяет передавать информацию большими пакетами без ее потерь из-за рассинхронизации. Кроме того, при таком кодировании, как и в случае использования кода RZ, очень просто определить занятость линии связи, т. е. наличие передачи данных или ее отсутствие, другими словами, обнаружить несущую частоту. Для этого достаточно следить за изменением сигнала в течение битового промежутка. Если оно наблюдается, значит, передача идет, и линия занята для других абонентов. Однако, как и для кода RZ, при передаче данных в манчестерском коде пропускная способность линии связи должна быть в два раза больше, чем при использовании кода NRZ.

На рис. 4.15 показано формирование одного из вариантов манчестерского кода, происходящие следующим образом. С

началом *каждого* передаваемого бита данных сигнал меняет свой уровень. Этот обязательный переход необходим для самосинхронизации. В середине же *единичных* битовых промежутков происходит повторное изменение уровня сигнала. Благодаря чему не имеет значения полярность двух проводов кабеля, что особенно удобно при использовании витой пары. При рассматриваемом кодировании нулевые биты могут представляться как низким, так и высоким уровнями напряжения. Если бы в нашем примере начальный нулевой бит был представлен высоким уровнем, то в середине каждого единичного битового интервала наблюдался бы положительный, а не отрицательный переход. В зависимости от комбинации передаваемых битов такой обязательный переход в середине каждого единичного битового промежутка может оказаться как положительным, так и отрицательным в пределах передаваемой битовой последовательности. Так, в нашем случае это произошло бы, если четвертый передаваемый бит был 1, а не 0. Такой вариант манчестерского кода применяется, например, в сети Token-Ring фирмы IBM.



**Рис. 4.15.** Принцип формирования варианта манчестерского кода

Сохранение возможности самосинхронизации, но не ценой двухкратного увеличения полосы пропускания линии связи при заданной скорости передачи, побуждает разрабатывать другие коды. Например, в сети FDDI со скоростью передачи 100 Мбит/с используется код, который преобразует четыре информационных бита в пять передаваемых. Синхронизация приемника в этом случае происходит не при каждом информационном бите, как в манчестерском коде, а только один раз на четыре бита. В итоге требуемая полоса пропускания увеличивается не в 2, а лишь в 1,25 раза. Существуют и другие коды, разработанные для тех же целей, но все они, как и рассмотренные, обеспечивают непосредственную

передачу в линию связи цифровых двух- или трехуровневых прямоугольных импульсов. В то же время аналоговые сигналы с амплитудной, частотной и фазовой модуляцией используются для передачи данных по каналам с узкой полосой пропускания, например по телефонным линиям, а в локальных вычислительных сетях они не нашли широкого применения из-за сложности и дороговизны оборудования.

#### 4.2. Преобразование информации

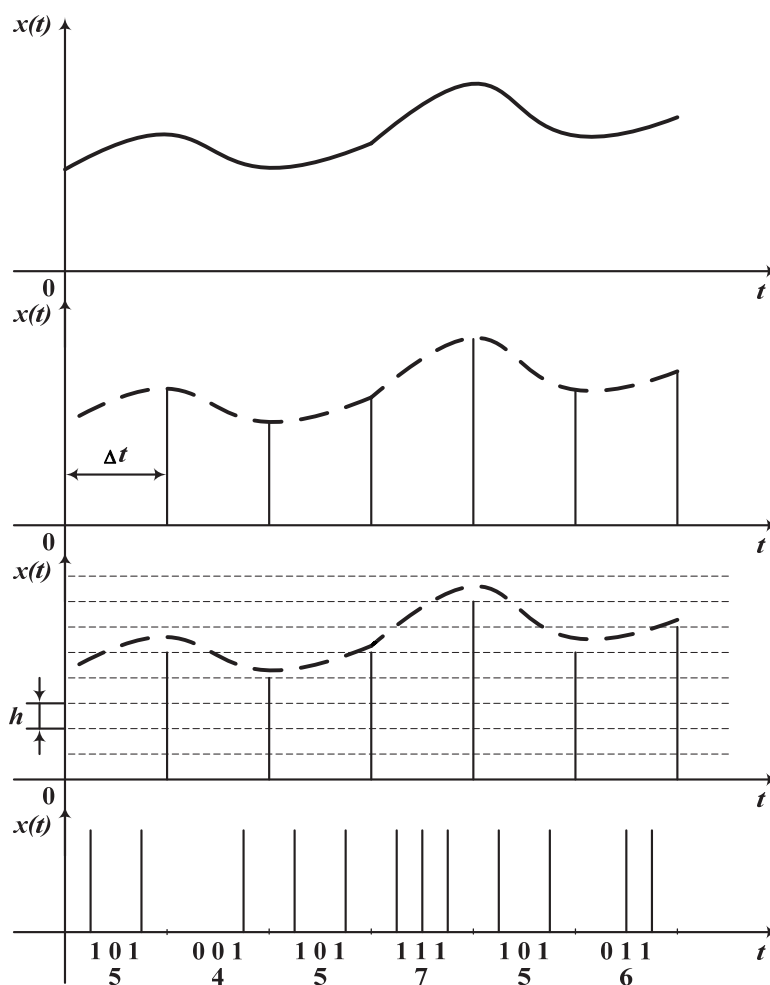
В современных условиях роль компьютера при обработке информации становится все более значимой. Однако он работает с дискретными сигналами, а информация поступает в виде непрерывных сигналов. В связи с этим возникают две задачи, требующие решения: преобразование непрерывного сигнала в дискретный, т. е. в число, пропорциональное амплитуде этого сигнала, и обратное преобразование цифрового сигнала в аналоговый.

*Аналого-цифровое преобразование.* Аналого-цифровое преобразование в общем случае состоит из трех этапов: дискретизации по времени, квантования по уровню и кодирования. Суть преобразования показана на рис. 4.16.

*Дискретизация* является процессом преобразования функции непрерывного времени в функцию дискретного времени, когда сама непрерывная функция заменяется совокупностью отдельных значений, взятых в строго фиксированные моменты. По этим значениям функции  $x(t_i)$  можно будет восстановить с некоторой погрешностью исходную непрерывную функцию  $x(t)$ . В этом случае очень важно установить, как часто следует выбирать точки отсчета функции, т. е. длительность интервалов между отсчетами времени или шаг дискретизации  $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ . При малых  $\Delta t_i$  количество отсчетов будет велико, зато точность восстановления исходной функции высокой. При больших же  $\Delta t_i$  количество отсчетов уменьшится, но, очевидно, снизится и точность воспроизведения. Следовательно, наилучшим решением будет такая дискретизация, при которой восстановление исходного сигнала обеспечивается с заданной точностью при минимальном количестве отсчетов.

Шаг дискретизации можно выбирать переменным или постоянным. Переменный шаг полезно использовать, если есть возмож-

ность отслеживать текущее изменение сигнала. При этом шаг дискретизации уменьшается, если сигнал начинает изменяться быстрее, и увеличивается в противном случае, а сама дискретизация называется адаптивной. Однако технически реализовать такой подход, конечно, сложнее.



**Рис. 4.16.** Аналого-цифровое преобразование сигналов

Гораздо чаще применяется равномерная дискретизация с постоянной длительностью интервалов между точками отсчета. Та-

кое предпочтение обусловлено *теоремой отсчетов*, которую также называют теоремой Котельникова или Найквиста. Согласно этой теореме всякий аналоговый сигнал, имеющий ограниченный спектр частот и дискретизированный с частотой, в два раза большей, чем максимальная частота его спектра, может быть полностью восстановлен на приемной стороне. Например, сигнал со спектром частот 0...6 кГц полностью восстанавливается при частоте его дискретизации 12 кГц. Таким образом, при использованных обозначениях должны выполняться следующие соотношения:

$$\Delta t = \pi/\omega_{\max} = \pi/(2\pi F_{\max}) = 1/(2F_{\max}) \text{ или } f = 2F_{\max}.$$

Здесь  $\Delta t$  и  $f = 1/\Delta t$  – соответственно шаг и частота дискретизации, а  $F_{\max}$  – максимальная частота в спектре частот функции  $x(t)$ .

Функция  $x(t)$  представляется в виде ряда отсчетов:

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k\Delta t) \frac{\sin \omega_{\max}(t - k\Delta t)}{\omega_{\max}(t - k\Delta t)},$$

где  $k$  и  $\Delta t$  – номер и значение шага дискретизации.

Из формулы следует, что значение функции  $x(t)$  в точках отсчета определяется только одним слагаемым суммы, так как все остальные слагаемые обращаются в нуль:

$$x(t) = x(k\Delta t), \quad t = k\Delta t.$$

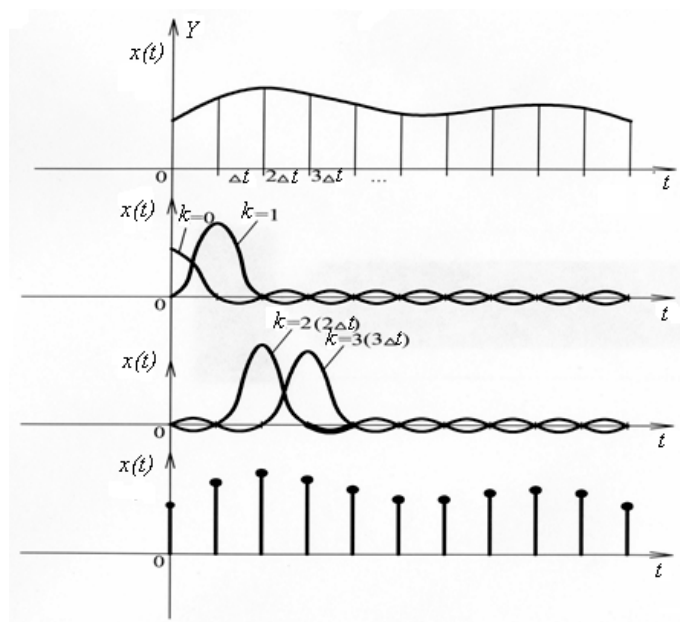
Принимаем  $\omega_{\max}(t - k\Delta t) = z$ , тогда

$$\frac{\sin z}{z} = \frac{\sin \omega_{\max}(t - k\Delta t)}{\omega_{\max}(t - k\Delta t)} = \begin{cases} 0 & \text{при } t = l\Delta t, \text{ если } l \neq k; \\ 1 & \text{при } t = k\Delta t. \end{cases}$$

Следовательно, функция  $x(t)$  может быть представлена суммой элементарных функций вида  $(\sin z)/z$ , которые имеют в точках отсчета максимальное значение и расположены симметрично относительно этих точек. Другими словами, функция  $x(t)$  равна сумме бесконечного числа слагаемых, а в самих точках отсчета она определяется только одним слагаемым (все остальные равны нулю). При правильном выборе диапазона дискретизации и неизменности

полосы пропускания допускается единственная интерпретация кривой исходного сигнала, т. е. через точки отсчетов нельзя провести никакую другую кривую.

На рис. 4.17 показано разложение функции  $x(t)$  в ряд отсчетов при  $\Delta t = 1/(2F_{\max})$ . Последовательно представлены график функции  $x(t)$ , функции отсчетов для  $x(t)$  при  $k = 0, 1, 2, 3$  и вид сигналов при сумме только трех членов ряда.



**Рис. 4.17.** Пример разложения функции  $x(t)$  в ряд отсчетов

Полоса пропускания разных технических устройств определяется шагом дискретизации  $\Delta t$  в соответствии с функцией отсчетов, а шаг дискретизации, в свою очередь, – в зависимости от верхней частоты полосы пропускания. Например, для голосового сигнала при телефонной связи ширина спектра ограничивается полосой 300...3400 Гц, поэтому полоса пропускания  $\Delta f = 3100$  Гц, а шаг дискретизации  $\Delta t \leq 1/(2F_{\max}) \approx 160$  мкс.

Для телеграфа исходя из скорости работы телеграфного аппарата, в котором длительность телеграфного сигнала  $\Delta t = 20 \cdot 10^{-3}$  с, можно решить обратную задачу по нахождению полосы пропускания:  $\Delta f \geq 1/(2\Delta t) = 25$  Гц.



Для телевидения ограничимся такими параметрами: частота кадров 25, каждая строка развертки содержит  $625 \cdot 4/3 = 835$  точек, число элементов разложения равно  $N = 25 \cdot 625 \cdot 625 \cdot 4/3 \approx 13 \cdot 10^6$ . Каждый сигнал передают не более 0,1 с, учитывая особенности восприятия телевизионного изображения человеческим глазом, а все квантованные элементы следуют друг за другом с шагом  $\Delta t = 1/N = 1/13 \cdot 10^{-6}$  с. Тогда полоса пропускания телевизионных устройств  $\Delta f = 1/(2\Delta t) = 6,5$  МГц.

Правда, не следует забывать, что спектр частот реальных сигналов неограничен, поэтому восстановление непрерывного сигнала все равно происходит с некоторой погрешностью. Тем не менее для практических задач идеального воспроизведения сигнала и не требуется, ведь мы уже упоминали о восстановлении исходного сигнала с заданной точностью. К тому же для любого сигнала конечной длительности с неограниченным спектром можно выделить диапазон частот, в котором сосредоточена основная часть его энергии. Этим диапазоном и определяется ширина спектра сигнала. Например, для периодических импульсных сигналов принимается  $\Delta f = 1/\tau$  Гц.

Следует отметить и еще один важный аспект рассмотренного преобразования: в ряде случаев оно позволяет повысить эффективность передачи больших объемов информации. Дело в том, что при замене непрерывной функции  $x(t)$  дискретной  $x(t_i)$  можно заполнить шаг дискретизации  $\Delta t$  передачей нескольких сигналов, тем самым уплотняя канал связи.

*Квантование по уровню* заключается в преобразовании непрерывной величины  $x(t)$  в величину с дискретной шкалой значений. При этом истинные значения  $x_i$  заменяются заранее задаваемыми дискретными уровнями квантования. Таким образом, весь диапазон значений  $x(t)$  делится на равные части, называемые квантами, где  $h$  – шаг квантования, а процесс сводится к замене любого значения  $x_i$  одним из конечного множества разрешенных значений, соответствующих уровням квантования.

Ясно, что функция  $x(t)$  в моменты отсчета может задаваться точно либо с некоторой погрешностью, причем последнее происходит гораздо чаще. Замену значения  $x_i$ , находящегося между двумя соседними уровнями квантования, одним можно осуществить двумя способами. Или это значение отождествляется с ближайшим уровнем, или заменяется ближайшим меньшим (большим) уровнем

квантования. В первом случае ошибка квантования будет равна  $0,5h$ , во втором случае максимальная погрешность квантования составит значение, равное  $h$ . Следовательно, уменьшение шага квантования приводит и к снижению погрешности этого процесса, но при этом возрастает количество уровней квантования. Таким образом, снова возникает проблема, аналогичная той, с которой мы столкнулись при рассмотрении процесса дискретизации. Вывод напрашивается сам собой: необходимо выбирать максимально допустимый шаг квантования, при котором погрешность процесса квантования не превышает допустимого предела.

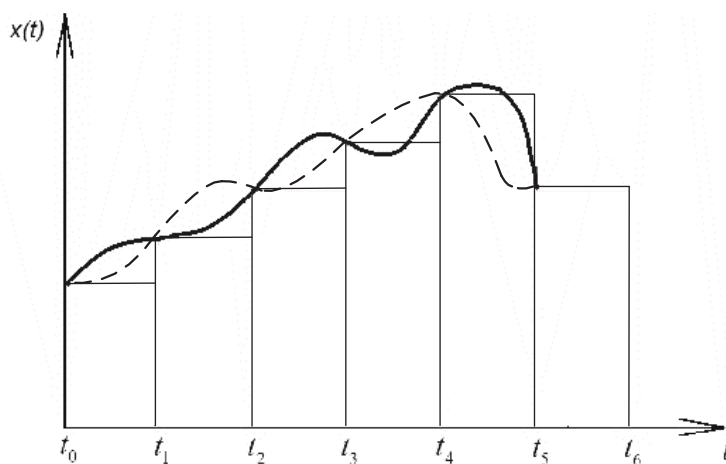
Итак, в результате квантования по уровню постоянных отсчетов дискретного сигнала получаем *цифровой* сигнал. Строго говоря, дискретный и цифровой сигналы неодинаковы, хотя до сих пор мы не придавали значения этому различию. В общем случае результаты одних и тех же операций над дискретными и цифровыми сигналами могут не совпадать, так как квантование по уровню является нелинейной процедурой. Такое расхождение результатов можно уменьшить, увеличивая разрядность представления отсчетов.

Теперь нам осталось рассмотреть заключительный этап аналого-цифрового преобразования, а именно *кодирование*. В нашем примере было восемь уровней квантования, хотя в реальных условиях их гораздо больше. Каждому из этих уровней можно присвоить свой номер и представить его в двоичной системе счисления. Для представления восьми уровней понадобится три двоичных разряда, а в общем случае для представления  $m$  уровней квантования потребуется  $n = \log_2 m$  таких разрядов.

Любое получившееся дискретное значение сигнала, соответствующее определенному уровню квантования  $x_m$ , в нашем случае будет представлено трехразрядным двоичным кодом, причем 1 или 0 в каждом разряде кодовой комбинации соответствует наличию или отсутствию импульса в определенной позиции на оси  $t$ . Таким образом, вместо истинного значения  $x_m$  при хранении или передаче информации можно использовать число  $m$ , а значение  $x_m$  затем легко восстанавливается с учетом масштаба по шкале  $x$ .

Итак, в результате преобразования аналогового сигнала в цифровую форму посредством дискретизации, квантования и кодирования мы получаем дискретную последовательность  $n$ -разрядных двоичных кодовых комбинаций. Эта операция осуществляется с помощью специальных устройств, которые называют аналого-цифровыми преобразователями.

*Цифро-аналоговое преобразование.* Обратное преобразование числа в пропорциональную ему аналоговую величину в виде напряжения или тока выполняют цифроаналоговые преобразователи. Следует иметь в виду, что каждому дискретному сигналу могут соответствовать сколь угодно много непрерывных сигналов, совпадающих с ним в точках отсчетов – отсюда следует многозначность задачи восстановления непрерывного сигнала по дискретным отсчетам. Такие непрерывные сигналы называют *огibaющими* для исходного дискретного. Ступенчатый сигнал, показанный на рис. 4.18, служит примером простейшего огibaющего сигнала.



**Рис. 4.18.** Примеры огibaющих сигналов

Необходимо отметить, что на вход цифроаналогового преобразователя числа поступают в *параллельном* коде, поэтому *последовательные* коды предварительно преобразуют в параллельные. Такое преобразование осуществляет *регистр*, схема которого приведена на рис. 4.19.

Вообще-то основное предназначение регистров – хранение или запоминание слов. Однако они обеспечивают и выполнение ряда других функций: преобразование последовательного кода слова в параллельный и наоборот, прямого кода числа в обратный и наоборот, поразрядное сложение, а также логические сложение и умножение чисел и ряд других операций. Рассматриваемая схема регистра немного напоминает схему счетчика, приведенную в гл. 3 (см. рис. 3.7), но есть и существенные отличия.

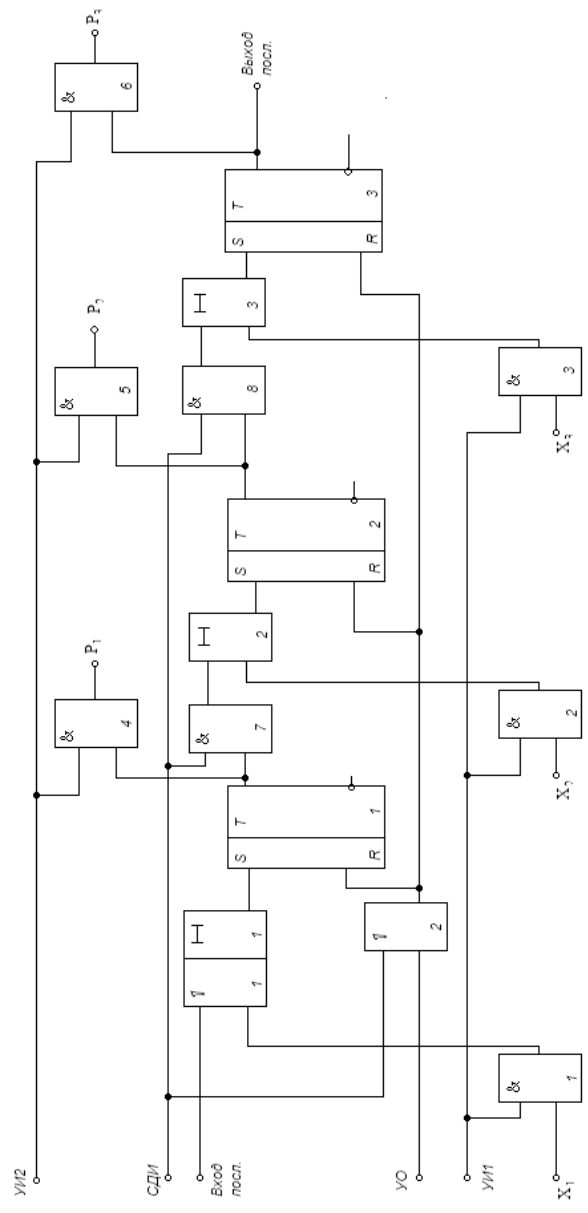


Рис. 4.19. Схема регистра

Асинхронные триггеры регистра  $T1$ ,  $T2$  и  $T3$  включены последовательно, прямые выходы  $T1$  и  $T2$  связаны с  $S$ -входом триггера старшего разряда через вентиль и линию задержки. Элемент задержки осуществляет задержку сигнала переноса из младшего в старший разряд регистра. Элемент задержки служит элементом памяти на время гашения всех триггеров регистра сдвигающим импульсом (СДИ), поэтому время задержки должно быть больше времени переходных процессов в триггере. Вентили  $1 - 3$  служат для ввода в регистр по управляющему импульсу УИ1 трехразрядного числа  $X$  в параллельном коде, вентили  $4 - 6$  обеспечивают вывод по управляющему импульсу УИ2 числа из регистра также в параллельном коде. По шине установки нуля  $У0$  регистр обнуляется перед приемом числа.

Преобразование последовательного кода числа в параллельный осуществляется следующим образом. Последовательный код числа  $X$  поступает на последовательный вход и записывается в триггеры регистра под воздействием сдвигающего импульса СДИ, который устанавливает все триггеры в состояние 0. Если перед этим в каком-либо разряде регистра соответствующий триггер находился в состоянии 1, то на его прямом выходе образуется сигнал переноса, который, пройдя линию задержки, перебросит триггер соседнего старшего разряда в 1. Таким образом, произойдет *сдвиг* записанной в регистре единицы на один разряд вправо. С приходом второго СДИ эта единица перепишется в следующий разряд и т. д. В нашем случае для записи в регистр трехразрядного числа  $X$  в последовательном коде потребуется подать три СДИ. По управляющему сигналу УИ2 это число с выходов регистра  $P1 - P3$  будет считано в параллельном коде.

В этом же сдвигающем регистре выполняется и обратное преобразование параллельного кода числа в последовательный. После обнуления всех разрядов регистра по шине  $У0$  число  $X$  в параллельном коде поступает по кодовым шинам числа на вентили  $1-3$  и при подаче управляющего импульса УИ1 записывается в триггеры регистра. Пусть это будет число  $101_2$ .

С приходом сдвигающих импульсов СДИ все будет происходить, как и раньше. Через время задержки  $t_z$  сигнал с триггера  $T1$  поступит на  $T2$ , с  $T2$  – на  $T3$  и т. д. Таким образом, на последовательном выходе последнего триггера регистра (в данном случае – это  $T3$ ) образуется последовательный код числа  $X = 101_2$ . Очевид-

но, что в общем случае для сдвига записанного в  $n$ -разрядном регистре числа на  $n$  разрядов вправо необходимо подать  $n$  сдвигающих импульсов.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие две главные особенности присущи любым информационным сигналам?
2. На каких частотах осуществляется передача электрических сигналов по линиям связи?
3. Каковы основные параметры любого сигнала?
4. Что такое модуляция?
5. Какие коды используют для передачи информации?
6. В чем состоит синхронизация работы передатчика и приемника?
7. Какие коды являются самосинхронизирующимися?
8. Каковы три этапа аналого-цифрового преобразования?
9. В чем сущность дискретизации по времени?
10. Что утверждается теоремой отсчетов?
11. Почему восстановление непрерывного сигнала всегда происходит с некоторой погрешностью?
12. Что означает выражение «уплотнение канала связи»?
13. Что такое квантование по уровню?
14. К чему приводит уменьшение шага квантования?
15. Что подразумевается под кодированием при преобразовании аналогового сигнала в цифровую форму?
16. В чем суть цифро-аналогового преобразования?

## 5. ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

### 5.1. Развитие вычислительных средств

Во все времена человек старался облегчить процесс вычислений, поэтому самыми древними «цифровыми средствами» можно считать человеческую руку и камешки. Очевидно, именно счет на пальцах породил пятеричную и десятичную системы счисления.

Затем появились бирки с зарубками и веревки с узелками, однако самым первым устройством, *специально* предназначенным для вычислений, является *абак* – доска, разделенная на полосы, по которым перемещались камешки или кости. Правда, надо отметить, что абак не столько облегчал собственно вычисления, сколько служил для запоминания промежуточных результатов. Известно несколько разновидностей абак – египетский, древнегреческий, древнеримский, китайский, японский, так как счет на нем существовал с древнейших времен вплоть до XVIII в. Арифметические вычисления на абак сменились письменными вычислениями, но до сих пор можно встретить в работе русский абак – счеты, отличающиеся от всех других разновидностей тем, что в них используют десятичную, а не пятеричную систему.

Следующим шагом в развитии вычислительных средств стало создание суммирующих машин и арифмометров. Пионером и в этой области оказался великий деятель эпохи Возрождения Леонардо да Винчи – в его рукописях обнаружен эскиз 13-разрядного суммирующего устройства. Это первое дошедшее до нас свидетельство попытки создания машины, «умеющей» складывать целые многозначные числа. Почти через 150 лет немецкий профессор Вильгельм Шиккард спроектировал и построил 6-разрядную машину, однако его изобретение оставалось неизвестным до середины XX в. Поэтому более 300 лет считалось, что первую дей-

ствующую 8-разрядную суммирующую машину в середине XVII в. построил французский ученый Блез Паскаль. Несколько экземпляров его механической машины, выполняющей сложение и вычитание, а также умножение или деление путем многократного сложения или вычитания, сохранились до наших дней.

На изобретении Паскаля остановимся подробнее, так как оно оказало впоследствии существенное влияние на развитие вычислительной техники. При реализации автоматического переноса десятков механизм переноса работал при вращении счетных колес только в одном направлении, а каждому вводимому числу соответствовал свой угол поворота колеса. Это не позволяло выполнять вычитание вращением колеса в другую сторону. Метод, предложенный Паскалем для преодоления этого затруднения, как ни странно, используется и в современных ЭВМ, о чем речь шла выше, когда мы рассматривали машинные коды. Он *заменял вычитание сложением* уменьшаемого с дополнением вычитаемого. Так, для его 8-разрядной машины, работавшей с десятичными числами, дополнением числа  $B$  будет  $100000000 - B$ , поэтому

$$A - B = A + (100000000 - B) = 100000000 + (A - B).$$

Вообще-то записано неверное равенство, так как получившийся результат больше искомой разности на 100 миллионов. Но дело в том, что машина 8-разрядная, поэтому единица переноса из восьмого разряда, оказавшаяся в девятом разряде, просто пропадает. Например, попробуем выполнить указанным способом вычитание для *одноразрядных* чисел. Пусть  $A = 5$ ,  $B = 3$ . Тогда

$$A - B = 5 - 3 \rightarrow 5 + (10 - 3) = 5 + 7 = 12 \rightarrow 2,$$

так как единица переноса во второй разряд в данном случае пропадает.

Первый *арифмометр*, выполняющий четыре арифметических действия, построил немецкий ученый Г. Лейбниц. На протяжении XVIII–XIX вв. арифмометры, сначала механические, а затем с электрическим приводом, совершенствовались. Это направление модернизации вычислительных средств потеряло актуальность с появлением и бурным развитием электроники, но одно достижение указанного периода следует отметить особо.



В 1822 г. англичанин Чарльз Бэббидж спроектировал и в течение тридцати лет совершенствовал машину, которую сначала назвал разностной, а затем аналитической. Разностная машина, по сути, была специализированной вычислительной машиной, работающей по жесткой программе. Она имела несколько регистров для хранения чисел, счетчик команд – при выполнении заданного числа шагов звенел звонок, а также печатающее устройство, включение которого по времени совмещалось с вычислениями на следующем шаге. Проект аналитической машины предусматривал ее работу в автоматическом режиме по заданной программе для выполнения разнообразных расчетов, причем в ее основу были положены принципы, реализованные много лет спустя в современной вычислительной технике. Другими словами, были предугаданы основные устройства современных ЭВМ и круг решаемых ими задач.

Аналитическая машина должна была содержать такие блоки (терминология Бэббиджа):

- склад – устройство хранения цифровой информации (аналог современной памяти или запоминающего устройства);
- фабрика – устройство, выполняющее действия над числами, взятыми со склада (арифметическое устройство);
- устройство управления;
- устройство ввода и вывода информации.

В качестве носителей информации при вводе и выводе предполагалось использовать перфокарты, которые тогда уже были изобретены и применялись для управления ткацкими станками; выходные данные можно было и распечатывать. Машина позволяла вводить таблицы значений функций с контролем ввода значений соответствующих аргументов.

Предусматривалось программное управление вычислительным процессом, причем автоматические операции следовали одна за другой без пауз и не требовалось вмешательство человека. Аналитическая машина оказалась первым в мире вычислительным устройством, действующим по заранее написанной программе, а первым программистом стала леди Ада Лавлейс, дочь Джорджа Гордона Байрона, в честь которой назван один из современных языков программирования.

К сожалению, идеи Бэббиджа намного опередили свое время, потому что их невозможно было воплотить на базе имевшейся ме-

ханической техники. В первой половине XIX в. не существовало еще ни электромоторов, ни электронных радиоламп, а полупроводниковый транзистор появился почти сто лет спустя. Работа Бэббиджа была забыта и заново открыта только в следующем столетии.

Дальнейший прогресс вычислительной техники связан с созданием счетных машин, использующих электромагнитное реле – элемент, который, как и триггер (появившийся гораздо позднее), может находиться в одном из двух устойчивых состояний и переходить из одного в другое под воздействием внешнего электрического сигнала. Новая элементная база позволила реализовать двоичный принцип вычислений, основанный, в отличие от машины Бэббиджа и механических арифмометров, на двоичной системе счисления. Первая такая машина, разработанная американцем Г. Холлеритом и названная *табулятором*, прошла «боевое крещение» в 1890 г. при проведении переписи населения США. Нанесение данных на перфокарты осуществлялось пробивкой отверстий в определенных позициях. При считывании информации перфокарта перемещалась внутри машины, в позициях с отверстиями происходило замыкание электрической цепи, в соответствующих счетчиках прибавлялись единицы, а перфокарта оказывалась в нужном отделении сортировочного ящика.

Развитие табуляторов и другой счетно-перфорационной техники привело к созданию в середине XX в. первой релейной универсальной автоматической вычислительной машины с программным управлением. Это была машина «Марк-1», разработанная под руководством американца Г. Айкена и запущенная в эксплуатацию на фирме IBM (International Business Machines) в 1944 г., в ней впервые были реализованы идеи Бэббиджа. Некоторое время релейные машины использовались достаточно широко, но не выдержали конкуренции с появившимися электронными вычислительными машинами (ЭВМ), поскольку производительность и надежность последних оказались гораздо выше.

К этому времени основные предпосылки для разработки подобных машин были налицо: в начале века появились двух- и трехэлектродные электронные лампы – диоды и триоды, а в 1918 г. – электронное реле (ламповый триггер). Первой действующей ЭВМ считается ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer – электронный числовой интегратор и вычислитель,

ЭНИАК), построенная в США в 1946 г. под руководством Д. Моучли и П. Эккерта. Она содержала примерно 18 тысяч электронных ламп, множество электромеханических элементов и потребляла 150 кВт электроэнергии с выделением большого количества теплоты. Программа, по которой работала машина, вводилась в нее весьма трудоемким способом: путем соединения гнезд на специальных наборных платах.

В этот же период в Лондоне, и тоже в обстановке секретности, обусловленной военным временем, построена машина «Колосс». Следует отметить существенный факт: ЭНИАК и «Колосс» были созданы на новой элементной базе – электронных лампах, однако копировали структуру электромеханических машин.

## **5.2. Поколения ЭВМ**

В 1946 г. группа исследователей, первенство в которой признано за Джоном фон Нейманом, критически осмыслив конструкцию ЭНИАКа, предложила новые принципы организации ЭВМ, сводящиеся к следующему:

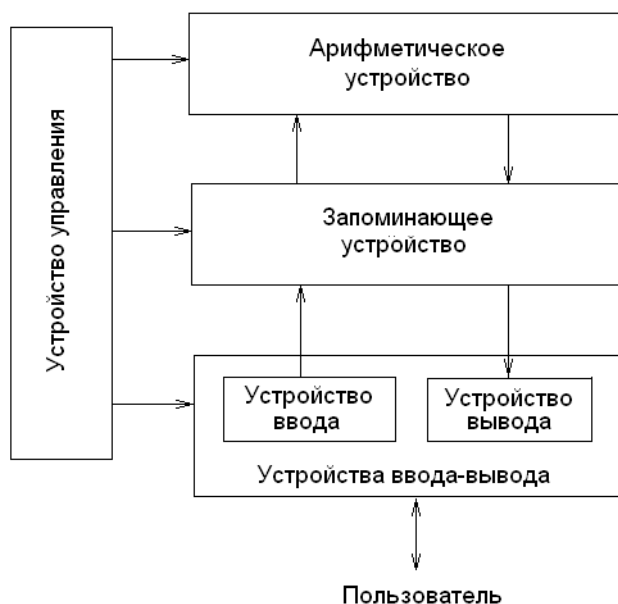
- команды программы и данные, различные по способу использования, однотипны по их представлению в машине, поскольку и те, и другие записываются в двоичном коде;
- команды и данные размещаются в ячейках памяти одного и того же запоминающего устройства и идентифицируются номерами ячеек, называемыми адресами;
- машина может производить операции с командами программы благодаря тому, что они представляются в числовом виде.

В результате применения этих «принципов фон Неймана» была создана архитектура ЭВМ, в соответствии с которой строились новые машины и которая в общих чертах сохранилась до настоящего времени.

Первой такой машиной с хранимой программой оказалась построенная в 1949 г. в Великобритании под руководством М. Уилкса ЭВМ ЭДСАК (рис. 5.1)

Устройства приема служили для получения входной информации в виде исходных данных и программы их обработки в запоминающее устройство. В машинах этого периода входная информация представлялась в двоичном виде, поэтому перед вводом ее надо было закодировать с помощью перфораторов. Посредством

устройства управления команды программы и нужные для их работы данные последовательно выбирались из запоминающего устройства и выполнялись в арифметическом устройстве. Однако помимо четырех арифметических действий оно уже тогда могло выполнять и основные логические операции, с которыми вы познакомились в гл. 3, поэтому позже за ним закрепилось более правильное название: арифметико-логическое устройство. Наконец, выходные блоки обеспечивали вывод результатов работы программы в удобной для человека форме.



**Рис. 5.1.** Неймановская структура ЭВМ ЭДСАК

В начальный период взаимодействие человека с машиной при решении задачи осуществлялось следующим образом. Математик-программист, сидя за пультом управления машиной, в основном отлаживал программу, находил и исправлял сначала синтаксические, а потом семантические и логические ошибки. Процесс отладки – однопрограммный однопользовательский режим – был довольно трудоемок, а его длительность зависела от квалификации специалиста. Собственно выполнение отлаженной программы за-

нимало лишь малую часть времени работы с ней, поэтому для повышения эффективности ЭВМ стали разрабатывать средства автоматизации программирования, систем обслуживания программ и языков программирования.

Развитие вычислительной техники и организации вычислительного процесса принято подразделять на несколько этапов, каждому из них соответствует свое поколение ЭВМ. Мы пока рассмотрим первый этап, занявший примерно 10 лет, в течение которых создавались ЭВМ первого поколения.

Второй этап, продолжавшийся до середины 60-х годов XX в., тесно связан с изобретением в 1948 г. нового полупроводникового прибора – транзистора, заменившего электронные лампы. ЭВМ на транзисторах оказались гораздо производительнее и надежнее в работе, они отличались меньшими габаритами, массой и энергопотреблением. Разнообразнее становятся возможности по вводу-выводу информации, увеличиваются объемы памяти запоминающих устройств. Первой машиной на транзисторах была построенная в 1955 г. бортовая ЭВМ для межконтинентальной баллистической ракеты ATLAS.

На втором этапе сфера применения ЭВМ существенно расширяется и распространяется на разные области человеческой деятельности. В зависимости от вычислительных возможностей ЭВМ классифицируют как малые, средние или большие. Взаимодействие программиста с машиной теперь происходит по-другому – в пакетном режиме, когда однотипные задания объединяются в пакет, за выполнением которого следит оператор, а пользователи, не находясь в машинном зале, получают результаты функционирования своих программ. Тогда же разрабатываются алгоритмические языки высокого уровня, допускающие описание последовательности необходимых действий в наглядной форме. Появляются библиотеки стандартных программ для решения типовых задач. Наконец, создаются первые операционные системы, представляющие собой комплексы программ, управляющих работой ЭВМ в разных режимах и выполнением пользовательских задач.

Появление и развитие в 1970-е годы интегральных технологий ознаменовало начало третьего этапа, привело к созданию интегральных схем (ИС) и построению на этой новой элементной базе ЭВМ третьего поколения. ИС представляет собой кремниевую пластину площадью около 1 см<sup>2</sup>, на которой размещено несколько

десятков микроэлектронных элементов, образующих электронные схемы основных логических блоков компьютера. Этот этап становления вычислительной техники характеризуется появлением семейств ЭВМ – программно-совместимых компьютеров с единой архитектурой, развитыми операционными системами, с возможностью одновременного выполнения нескольких программ. Семейства образуют унифицированные серии ЭВМ. Наиболее известная и удачная серия этого периода – семейство IBM-360/370.

Взаимодействие пользователей с подобными машинами происходило, в том числе, и с помощью алфавитно-цифровых терминалов, в качестве языков программирования широко использовались процедурные языки высокого уровня. Это позволило реализовать многопользовательский режим общения человека и ЭВМ, которые все в большей степени стали применяться для обработки символьной информации.

Четвертый этап (ЭВМ четвертого поколения) принято делить на два периода. Сначала были созданы большие интегральные схемы (БИС). В результате в одном кристалле стало размещаться уже несколько десятков тысяч микроэлектронных элементов. В 1971 г. появился первый микропроцессор, разработанный компанией Intel – БИС, содержащая процессор ЭВМ. Это сделало возможным создание в недалеком будущем персональных компьютеров и произвело настоящую революцию в области развития вычислительной техники. А пока были изготовлены однокристалльные и одноплатные ЭВМ – микроЭВМ, в состав которых входили процессор, память, интерфейс ввода/вывода и тактовый генератор, размещенные в одной или нескольких БИС.

Максимальное быстродействие процессоров продолжало увеличиваться, поэтому на первый план выдвинулась задача эффективного взаимодействия пользователя и ЭВМ, решению которой способствовали новые операционные системы. Теперь программист мог отлаживать программы, имея в своем распоряжении монохромный графический дисплей с клавиатурой, что резко повысило производительность его труда.

В 1980-е годы появились сверхбольшие интегральные схемы (СБИС) и наступил второй период рассматриваемого этапа, продолжающийся до настоящего времени. Появились дешевые электронные схемы с огромной степенью интеграции, содержащие в одном кристалле сотни тысяч элементов. Архитектура ЭВМ чет-

вертого поколения – это многопроцессорные и многомашинные комплексы, взаимодействующие с общей памятью и набором общих устройств ввода/вывода информации.

Важнейшим достижением стало создание персональных компьютеров (ПК), оказавших и продолжающих оказывать огромное влияние на научно-технический прогресс. Первый ПК, разработанный молодыми американцами Возняком и Джобсом – Apple (яблоко) – поступил в продажу в 1976 г. и стал первым в мире компьютером массового производства. В настоящее время ПК Macintosh фирмы Apple Computer широко применяются в образовательных системах многих стран мира.

Однако очень быстро первенство в области разработки и производства ПК перешло к фирме IBM, которая в 1981 г. продемонстрировала свой ПК IBM PC (Personal Computer) и, начиная с 1983 г., последовательно выпускала на мировой рынок модели PC XT, PC AT и PC Pentium. К настоящему времени сменилось уже несколько поколений ПК: 8-, 16-, 32- и 64-битные. Разработчики многократно улучшили их характеристики, усовершенствовали операционное окружение, расширили набор внешних устройств, в результате чего ПК превратился в интеллектуального помощника любого грамотного человека и стал главным инструментом автоматизированного рабочего места.

Итак, поколения ЭВМ – это исторически сложившиеся значительные группы вычислительных машин, классифицируемые главным образом по их архитектуре и элементной базе. По времени создания и используемой элементной базе ЭВМ весьма условно подразделяют на поколения следующим образом:

- 1950-е годы XX века, ЭВМ на электронных лампах – 1-е поколение;
- 1960-е годы, ЭВМ на полупроводниковых элементах – 2-е поколение;
- 1970-е годы, ЭВМ на интегральных схемах – 3-е поколение;
- 1980-е годы, ЭВМ на БИС и СБИС – 4-е поколение.

Иногда выделяют нулевой период развития вычислительной техники (до 40-х годов XX в.), а изготовленные преимущественно механические и электромеханические машины называют машинами нулевого поколения.

Что касается ЭВМ последующих поколений, прежде всего пятого, то, вероятно, они будут оптоэлектронными на СБИС нейронной структуры, десятки тысяч простых микропроцессоров которых

будут моделировать архитектуру нейронных биологических систем. В распоряжение пользователя попадут устройства голосовой связи с ЭВМ, а в качестве средств программирования появятся новые непроецедурные языки высокого уровня.

### 5.3. Классификация систем обработки информации

Классификацию электронных систем обработки информации можно проводить по разным признакам: архитектуре, количеству процессоров, производительности, функциональным возможностям, принципу действия, времени создания и т. д. Мы уже провели эту операцию, распределив ЭВМ на поколения по *времени их создания и используемой элементной базе*. Однако необходимо учитывать, что любая классификация в рассматриваемой предметной области весьма условна, так как бурный прогресс технологий производства электронных компонентов и ЭВМ в целом делает размытыми границы между классами, на которые они делятся. При этом обычно подразумевается автономное использование вычислительных средств, а в настоящее время основной тенденцией является интеграция различных компьютерных систем обработки информации в вычислительные сети.

По *принципу действия* вычислительные машины распределяют по трем классам: аналоговые, цифровые и гибридные. Критерием деления в данном случае служит форма представления информации в вычислительных устройствах — аналоговая (непрерывная) или цифровая (дискретная).

*Аналоговые вычислительные машины (АВМ)* стоят особняком среди современной вычислительной техники. Они обрабатывают информацию, представляемую в виде непрерывно изменяющихся значений чаще всего электрического напряжения или тока. Главным достоинством АВМ является возможность с их помощью моделировать в реальном масштабе времени достаточно сложные физические процессы, описываемые дифференциальными уравнениями. Это достигается за счет параллельного выполнения задач на АВМ, когда результат оказывается практически мгновенно и одновременно во всех точках рабочей модели. Таким образом, время решения соответствующей задачи на АВМ чрезвычайно мало, т. е. быстродействие для определенного класса задач может быть значительно выше, чем цифровых машин. Но следует учиты-



вать, что последние обеспечивают гораздо более высокую точность вычислений, определяемую лишь их разрядностью.

*Цифровые вычислительные машины* обрабатывают информацию, представленную в цифровой форме, и являются вычислительными машинами дискретного действия, работающими по тактам. К настоящему времени подавляющее большинство компьютеров относится именно к этому классу машин с электрическим представлением цифровой информации, т. е. считаются в принятой нами терминологии электронными цифровыми вычислительными машинами (ЭЦВМ или просто ЭВМ). На такой ЭВМ можно обрабатывать и аналоговую информацию, только сначала ее необходимо преобразовать в цифровую форму представления; об этом мы говорили в предыдущей главе.

Очевидно, что *гибридные вычислительные машины* являются машинами комбинированного действия, в состав которых входят как аналоговые, так и цифровые вычислительные устройства. Другими словами, они могут работать с информацией, представленной как в аналоговой, так и в цифровой форме. Обычно аналоговые устройства служат для решения дифференциальных уравнений, а цифровые выполняют логические операции и управляют процессом решения и работой машины в целом.

По назначению ЭВМ можно разделить также на три группы: универсальные, проблемно-ориентированные, специализированные.

Невозможно перечислить все задачи, решаемые на *универсальных* ЭВМ. Они составляют широкий круг разнообразных информационных, математических, экономических и прочих задач, характеризующихся очень большими объемами обрабатываемых данных. Подобные машины размещают в больших вычислительных центрах коллективного пользования.

*Проблемно-ориентированные* ЭВМ, как следует из их названия, предназначены для решения задач определенных классов. Довольно часто они находят применение в управляющих вычислительных комплексах, функционирование которых связано с управлением различными технологическими объектами.

*Специализированные* ЭВМ производят для решения заранее сформулированных задач конкретной направленности, что позволяет четко определить их спецификацию и соответственно снизить стоимость. Заказчиком таких изделий является в основном военно-промышленный комплекс, а область применения – управление отдельными техническими устройствами и процессами.

По организации вычислительных процессов ЭВМ можно классифицировать в соответствии с режимами вычислений, которые они обеспечивают:

- *однопрограммный однопользовательский* режим, вычисления выполняются последовательно, аппаратные и программные ресурсы ЭВМ не разделяют;
- *многозадачный* режим, несколько выполняемых программ последовательно занимают время процессора, возможно разделение между ними ресурсов ЭВМ;
- *многопользовательский* режим, каждому пользователю выделяется свой интервал или квант времени процессора, задача распределения таких ресурсов, как время процессора и объем памяти, приобретает самостоятельное значение;
- *мультипроцессорный* режим, вычислительная система, содержащая несколько процессоров, обеспечивает параллельное выполнение вычислительных процессов, задача распределения ресурсов при этом еще более усложняется.

Нетрудно заметить, что приведенная классификация в общих чертах совпадает с распределением ЭВМ по поколениям. Это легко объяснимо, поскольку развитие вычислительной техники всегда шло по двум магистральным направлениям – совершенствование аппаратных средств (Hardware) и программного окружения (Software).

Пожалуй, самая ранняя классификация ЭВМ осуществлялась по их *производительности и функциональному назначению*. Однако производительность машины практически всегда является усредненной характеристикой, так как ее оценка базируется на учете конкретных операций, а между тем при работе выполняются разнородные операции, с разным временем реализации. Кроме того, любая операция выполняется за определенное число тактов, поэтому быстродействие ЭВМ можно установить более точно, а вместо производительности обычно указывают тактовую частоту.

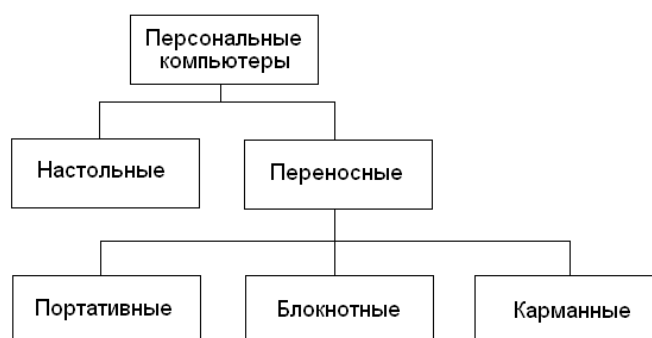
В настоящее время компьютеры разделяют на сверхбольшие или суперЭВМ, большие ЭВМ, за рубежом часто называемые мейнфреймами, и микроЭВМ.

*СуперЭВМ* представляют собой сверхбыстродействующие параллельные многопроцессорные вычислительные системы (ВС). К этому классу относят самые мощные из существующих на данный момент ВС. Очевидно, что их изготовление носит штучный характер и по своим масштабам несопоставимо с производством компьютеров других типов.

*Большие ЭВМ* исторически появились самыми первыми. Их производство с развитием электронных технологий прошло большой путь, который был отражен нами при распределении компьютеров по поколениям. Такие машины обычно применяют для решения широкого класса научно-технических задач в ВС с несколькими сотнями автоматизированных рабочих мест. Однако даже их мощности оказались недостаточными для задач определенного класса, что и послужило предпосылкой создания суперЭВМ.

В создании *микроЭВМ* уже отмечалась роль микропроцессора, реализованного в виде одной микросхемы. Тем не менее в настоящее время микропроцессор уже не является отличительным признаком таких компьютеров, так как используется во всех типах ЭВМ, а сами микроЭВМ снабжены несколькими микропроцессорами. *Многопользовательские* микрокомпьютеры содержат значительное количество выносных терминалов и работают в режиме разделения времени. *Встроенные* микроЭВМ, часто называемые *микроконтроллерами*, представляют собой специализированные устройства, выполненные на отдельной плате без привычных для нас внешних устройств и размещаемые в виде отдельного блока в системе, работой которой они управляют.

Важнейшей разновидностью микроЭВМ является ПК – микрокомпьютер универсального назначения для одного пользователя. По *конструктивным отличиям* ПК можно классифицировать как на рис. 5.2.



**Рис. 5.2.** Классификация ПК по конструктивным отличиям

*Настольные*, или *стационарные* компьютеры (рис. 5.3) к настоящему времени превратились в «рабочих лошадок», которые-

ми оснащены рабочие места самых разных специалистов. Кроме того, из-за своей доступности они используются в домах многих людей.



**Рис. 5.3.** Настольный компьютер

*Переносные* ПК имеют автономное питание от аккумуляторов, но могут работать и от сети. Они требуются пользователям, как правило, при работе вне офиса. Их можно условно разделить на три основные группы: портативные, блокнотные, карманные ПК.

*Портативный* компьютер (или laptop – наколенный) по своим размерам был близок к «дипломату», а по характеристикам – к настольному ПК. Этот тип компьютера быстро уступает свое место компьютерам меньших размеров.

*Блокнотный* ПК (или notebook – блокнот, записная книжка, рис. 5.4) весит не более 3 кг и свободно размещается в «дипломате». Он устойчив к электропитанию, так как в случае какого-либо сбоя электросети сразу переходит на питание от аккумуляторов. Этот тип ПК наиболее перспективен, поскольку удобен в работе, прост в эксплуатации и обладает широким набором таких же устройств, как и обычный компьютер.

*Карманный* ПК (или palmtop – наладонный) умещается на ладони и является самым маленьким ПК. Его устройством хранения информации является энергонезависимая электронная память.



**Рис. 5.4.** Блокнотные ПК

Надо признать, что приведенную классификацию ПК можно считать устаревшей в связи с появлением и стремительным развитием планшетных компьютеров (например, iPad компании Apple, первая версия которого появилась в 2010 г.).

В 2011 г. появилась модель второго поколения iPad 2 с улучшенными характеристиками, а уже в марте 2012 г. был представлен планшет третьего поколения – iPad 3. Он имеет двухядерный процессор (1 ГГц каждое ядро), четырехядерный графический ускоритель, флэш-память 16, 32 или 64 Гб, две камеры. Все возможности планшета трудно перечислить: воспроизведение аудио, видео, фотофайлов, чтение электронных книг, карт, использование как органайзер, будильник, календарь, подключение к Wi-Fi и мобильным сетям, интернет-браузер, почтовый клиент, игры и др.

Планшетные компьютеры выпускают многие компании, например, Samsung, Archos, ViewSonic, Acer, Asus. Наиболее распространены планшеты с операционной системой Google Android.

Уже к планшету iPad 2 была разработана складная клавиатура, которая в раскрытом состоянии является полноразмерной клавиатурой со стандартным размером клавиш. Планшет устанавливается на нее под небольшим наклоном (рис. 5.5), а для удобной переноски складывается пополам, при этом клавиатура автоматически выключается.

Следует отметить, что характеристики ПК постоянно улучшаются, а соотношение цена/качество становится все более привлекательным для потенциальных покупателей, так как уже много лет

эти компьютеры находятся на магистральном направлении развития научно-технического прогресса.



**Рис. 5.5.** Планшетный компьютер с клавиатурой

#### **5.4. Общая структура персонального компьютера**

Архитектура персонального компьютера обладает очень важным свойством, а именно *открытостью*, поскольку позволяет пользователю свободно конфигурировать состав своего персонального компьютера в зависимости от круга решаемых задач. Это относится прежде всего к составу внешних устройств, которыми он может насыщать свой компьютер.

Вторым существенным свойством архитектуры является *модульность*. Модульное построение заключается в том, что компьютер собирается из отдельных блоков – модулей, реализующих некоторую законченную функцию и в своей работе в определенном смысле не зависящих от других модулей. В конструктивном отношении каждый такой модуль представляет собой законченный конструктивный элемент, совокупность подобных элементов может объединяться в нужную конфигурацию без изменения отдельных модулей.

Несомненное преимущество модульного способа построения состоит в возможности совершенствования компьютера в процессе эксплуатации путем замены блоков на новые, обладающие луч-

шими характеристиками, или добавления новых модулей, т. е. расширения тем самым его функций и приспособления к решению конкретных проблем. Такая модернизация аппаратных средств компьютера, заключающаяся в замене комплектующих, соответствует термину «апгрейд» (от англ. *upgrade* – изменять в соответствии с более высокими современными требованиями).

Современный ПК содержит следующие основные компоненты: системный блок, дисплей или монитор, клавиатуру и манипулятор типа «мышь». В системном блоке размещается собственно вся «начинка» компьютера, т. е. устройства обработки и хранения информации. Дисплей служит для отображения информации и является главным устройством ее вывода. Клавиатура, напротив, – основное устройство ввода информации, прежде всего символьной. Наконец, с помощью щелчков «мыши» по пиктограммам и другим объектам на экране монитора пользователь отдает команды, которые и выполняют все доступные операции.

Общая структура персонального компьютера показана на рис. 5.6. Рассмотрим функции и взаимодействие его основных блоков.



Рис. 5.6. Структура ПК

*Микропроцессор* (МП или CPU – центральный процессор, от англ. Central Processing Unit) – основной программно управляемый

блок обработки информации, выполняющий арифметические и логические операции, управляющий работой всех устройств ПК. В его состав входят арифметико-логическое устройство (АЛУ), устройство управления (УУ), микропроцессорная память (МПП), а также интерфейсная система сопряжения с другими устройствами компьютера. Кроме того, для ускорения выполнения операций над двоичными числами в десятки раз используется математический сопроцессор (МСП), который включен в структуру современных микропроцессоров, начиная с модели МП 80486 DX.

*Внутренняя (основная) память* служит для хранения информации и оперативного обмена ею между блоками ПК. Она состоит из двух частей: постоянного запоминающего устройства (ПЗУ, или ROM – память только для чтения, от англ. Read Only Memory) и оперативного запоминающего устройства (ОЗУ, или RAM – память с произвольным доступом, от англ. Random Access Memory). В ПЗУ хранится неизменяемая программная и справочная информация, которая заносится в устройство при изготовлении и которую можно только считывать. ОЗУ является собственно основным оперативным устройством компьютера для записи, хранения и считывания информации, используемой во время работы ПК. Под произвольным доступом понимается возможность обмена информацией с любой ячейкой ОЗУ в произвольном порядке.

Объема ОЗУ недостаточно для хранения всей требуемой информации, к тому же оно энергозависимо, т. е. с отключением питания вся хранящаяся в нем информация теряется. В связи с этим кроме внутренней в ПК используется и *внешняя память* (ВП) для долговременного хранения любой информации. Основной разновидностью такой памяти, относящейся уже к внешним устройствам, можно считать дисковую память – накопители на жестких магнитных дисках (НЖМД), на магнитооптических дисках (НМОД) и на оптических дисках (НОД). Более подробно вопросы, касающиеся хранения информации, будут освещены в гл. 6.

*Системная шина*, которую иногда называют магистралью, обеспечивает связь и взаимодействие всех устройств компьютера между собой. Она состоит из четырех шин: адресной, данных, управления и питания. По *шине адреса* параллельно передаются все разряды кода адреса выбранной ячейки основной памяти или порта ввода-вывода конкретного внешнего устройства. *Шина данных* служит для передачи собственно информации, точнее для параллельной передачи всех разрядов машинного слова. По *шине*



управления во все устройства компьютера передаются управляющие сигналы. Наконец, с помощью *шины питания* все блоки ПК подключаются к системе энергоснабжения. Таким образом, системная шина обеспечивает передачу информации между микропроцессором и внутренней памятью или портами ввода-вывода внешних устройств, а также в режиме прямого доступа к памяти – между основной памятью и портами.

Внешние по отношению к микропроцессору или периферийные устройства подключаются к нему через системную шину с помощью *контроллеров (адаптеров)*. Последние управляют работой периферийных устройств по запросам микропроцессора и обеспечивают совместимость интерфейсов этих разнородных устройств. Каждый контроллер обычно размещается на отдельной печатной плате и представляет собой специализированный процессор, содержащий собственную систему команд и по встроенной программе обмена управляющий работой соответствующего внешнего устройства.

Микропроцессор, внутренняя память, системная шина и некоторые другие устройства ПК, показанные на рис. 5.5, а именно: генератор тактовых импульсов, таймер, контроллер прерываний и контроллер дисков, располагаются на *системной, или материнской плате*. Остальные контроллеры, например, контроллер клавиатуры, адаптер монитора, контроллеры дополнительных устройств, как и коммуникационные последовательные и параллельные порты ввода-вывода, чаще всего находятся на отдельных платах, вставляемых в унифицированные разъемы или слоты системной платы, но могут размещаться и непосредственно на ней. Материнская плата формируется на основе набора микросхем, которые обычно называют *чипсетами*.

*Генератор тактовых импульсов (ГТИ)* выдает последовательность электрических импульсов, частота которых и определяет тактовую частоту машины. Тактовая частота является важной характеристикой ПК, так как во многом определяет скорость его работы, поскольку операции в компьютере выполняются за определенное количество тактов. Итак, промежуток времени между двумя соседними тактовыми импульсами определяет время одного такта работы компьютера.

*Контроллер прерываний* обеспечивает обработку процедур прерывания. Под прерыванием в данном контексте понимается приостановка выполнения текущей программы для немедленного выполнения другой программы, имеющей более высокий приори-

тет. Таким образом реализуется принцип многопрограммной работы компьютера. Указанные прерывания возникают постоянно, например, при выполнении операций по вводу-выводу информации. Контроллер прерываний, получив от внешнего устройства запрос на прерывание, определяет его приоритет и посылает в микропроцессор сигнал прерывания. Микропроцессор останавливает работу текущей программы, после чего начинает выполнять программу обслуживания прерывания, запрошенного внешним устройством, по завершении которой прерванная программа продолжает свою работу.

*Блок питания* (БП), также размещаемый в системном блоке, содержит системы сетевого и автономного энергоснабжения ПК. Переменное напряжение электросети преобразуется в нем в постоянное напряжение разной полярности и значения, которое подается на устройства, располагающиеся здесь же. Аккумулятор, источник автономного питания, обеспечивает работу *таймера* – электронных часов, задающих текущее время и работающих при отключении ПК от сети. Вентилятор создает циркулирующие потоки воздуха для охлаждения системного блока.

## **5.5. Устройства ввода и вывода информации**

Разнообразие внешних устройств ПК определяет возможности пользователя при взаимодействии с ним. К таким устройствам относят устройства ввода и вывода информации, средства связи ПК с «внешним миром» и внешние запоминающие устройства.

*Клавиатура* (рис. 5.7) представляет собой клавишное устройство для ручного ввода в ПК текстовой, числовой и управляющей информации, обеспечивая диалоговый режим общения пользователя с ПК. Таким образом, клавиатура служит устройством ввода и управления. С появлением в 1995 г. операционной системы Windows 95 наиболее распространенные тогда 101-клавишные устройства постепенно были вытеснены 104-клавишными. Три новые клавиши добавлены для того, чтобы реализовать новые возможности этой операционной системы.

Все клавиши можно разделить на две группы: буквенно-цифровые, а также функциональные и управляющие. Стандартный набор буквенно-цифровых клавиш и схема их расположения, т. е. раскладка, соответствуют применявшимся в пишущих машинках.

Нажатие на любую клавишу заставляет компьютер выводить на экран монитора соответствующий символ, причем значение клавиш не меняется в зависимости от запускаемых программ. Буквенные клавиши могут работать в двух режимах – ввода латинских или русских букв.



**Рис. 5.7.** Клавиатуры

Двенадцать функциональных клавиш (F1–F12) расположены в верхнем ряду клавиатуры. Они могут программироваться пользователем. В большинстве программ для получения подсказки используется клавиша F1, а для выхода из программы – клавиша F10. Назначение управляющих клавиш приведено в табл. 5.1.

*Таблица 5.1*

**Назначение управляющих клавиш клавиатуры**

Обозначение	Назначение
Enter или ↵	Ввод информации
Esc	Отмена выполняемого действия
Tab	Вставка табуляции (отступа до заданной позиции)
Caps Lock	Фиксация верхнего регистра (ввод прописных букв)
Shift	Смена регистров (верхнего на нижний и наоборот)
Ctrl и Alt	При нажатии с другими управляющими клавишами изменяют действие последних
Пробел	Ввод пробелов (длинная нижняя клавиша)
Backspace или ←	Удаление последнего символа (перед курсором)
Insert	Переключение режимов вставки и замены
Delete	Удаление символа после курсора
Home и End	Переход на первую и последнюю позиции строки
Page Up и Page Down	Переход на одну страницу вверх и вниз
Print Screen	Печать «снимка» экрана дисплея
Клавиши ↑, ↓, ← и →	Перемещение курсора вверх, вниз, влево и вправо

Малая цифровая клавиатура, включаемая клавишей Num Lock, расположена справа и также может работать в двух режимах – ввода чисел и управления курсором.

Три Windows-клавиши располагаются внизу, рядом с Alt и Ctrl. Две из них с изображением летящего окна – логотипа Windows – позволяют быстро вызывать меню «Пуск», а третья служит для вызова контекстного меню (дублирует работу правой клавиши манипулятора «мышь»).

За последние несколько лет ярко проявились две тенденции в построении клавиатуры, не всегда оправданные. Во-первых, резкое увеличение количества управляющих клавиш – управления питанием, программами интернета, а также мультимедийных. Во-вторых, требования эргономики привели к созданию клавиатур самой разнообразной формы – изогнутых, изломанных надвое, с подставками для кистей рук и т. д.

Последним новшеством является появление клавиатур на ИК-лучах, не требующих шнура для соединения с системным блоком. Такая клавиатура взаимодействует с ПК по принципу дистанционного управления, однако за это удобство пока приходится платить в буквальном смысле этого слова.

Контроллер клавиатуры, через который она подключается к системной шине (см. рис. 5.6), осуществляет ее взаимодействие с микропроцессором и ОЗУ, а также управляет световыми индикаторами клавиатуры и проводит внутреннюю диагностику неисправностей.

Необходимо отметить, что роль клавиатуры в последнее время заметно изменилась: с появлением графического интерфейса все функции управления перешли к манипулятору типа «мышь», а на долю клавиатуры остался лишь ввод буквенно-цифровой информации.

Манипуляторы являются специальными устройствами управления, облегчающими взаимодействие пользователя с ПК. К ним относят мышь, трекбол, сенсорную площадку, джойстик.

Принцип работы механической или оптической *мыши* (рис. 5.8) один. На нижней рабочей поверхности механической мыши расположен металлический шарик в резиновой оболочке, который вращается при перемещении мыши по поверхности. Его вращение передается двум роликам, расположенным взаимно перпендикулярно. Каждый ролик может вращаться только по часовой или

против часовой стрелки, один из них отвечает за движение по горизонтали, а другой – по вертикали. Эти их движения, как и нажатия на клавиши мыши, преобразуются электронной схемой в последовательности импульсов, поступающих в ПК.



**Рис. 5.8.** Манипуляторы типа «мышь»

Оптическая мышь, более надежная и дорогая, не содержит движущихся элементов. Фиксация ее перемещения осуществляется расположенными внутри оптическими приборами. Об инфракрасной беспроводной мыши можно сказать то же самое, что и о соответствующей клавиатуре.

На верхней поверхности корпуса мыши расположены две кнопки, хотя встречаются еще и трехкнопочные мыши. Левая кнопка служит исполнительной клавишей, а правая – клавишей параметров. Стоит отметить, что в 1997 г. на рынке появилась мышь фирмы Microsoft с колесиком прокрутки посередине. Вращение этого колесика позволяет перемещать вверх или вниз содержимое окон многих популярных программ Microsoft, что существенно облегчает работу с ними.

*Трекбол* (рис. 5.9) по существу представляет собой перевернутую механическую мышь. Шарик, вращаемый рукой пользователя для управления движением курсора на экране дисплея, встроен в верхнюю часть корпуса трекбола, при этом сам он остается неподвижным, поэтому может быть встроен в корпус клавиатуры.



**Рис. 5.9.** Трекболы

В портативных компьютерах вместо мыши часто используют *сенсорную площадку*, по которой пользователь просто водит пальцем, управляя движением курсора.

*Джойстик* (рис. 5.10) относится к *игровым* манипуляторам. В свое время, когда еще и речи не было о массовых играх, он создавался в сугубо военных целях как имитатор самолета или танка для обучения военного персонала на специальных тренажерах. Наиболее распространенная конструкция джойстика – это управляющая рукоятка с несколькими функциональными кнопками. Стержень-ручка, или руль, или штурвал являются координатной частью джойстика, перемещение которой изменяет положение в пространстве виртуального двойника играющего или аппарата. Большинству функциональных кнопок, кроме главной кнопки «Огонь», в зависимости от игры можно присвоить разные значения: смена оружия, коробка передач и др.



**Рис. 5.10.** Джойстики

*Сканирование* – это процесс перевода изображений в цифровой вид. *Сканер* формирует оцифрованное изображение документа, размещая его в компьютерной памяти. Принцип работы сканера заключается в следующем. Луч света от специальной лампы, размещенной в корпусе сканера, последовательно обегает всю сканируемую поверхность. Светочувствительные датчики воспринимают яркость и цветность отраженного луча света и преобразуют их в двоичный код. Введенная таким образом графическая или текстовая информация воспринимается как картинка с непонятными символами, поэтому для ее распознавания и перевода в обычный символичный формат используют специальные программы, например, Fine Reader.

В настоящее время наиболее распространены ручные и планшетные сканеры. *Ручной* сканер (рис. 5.11) относительно компактен

и дешев, по внешнему виду напоминает насадку для домашнего пылесоса. Однако при работе с таким сканером нужна определенная сноровка, поскольку требуется равномерно и медленно вручную проводить им по всей сканируемой поверхности. Да и размер обрабатываемого изображения, помещающегося в его «раструб», относительно невелик: как правило, не превышает 10 см. Поэтому даже страницу формата А4 необходимо сканировать в несколько приемов, а затем «склеивать» получившиеся части.



**Рис. 5.11.** Ручные сканеры

*Планшетный* сканер (рис. 5.12) легко обрабатывает стандартную страницу формата А4, хотя есть сканеры формата А3 и даже А2, но они громоздки и дороги. Лист с изображением или текстом располагается на прозрачной поверхности, под которой перемещается распознающий элемент, и закрывается крышкой. Действие такого сканера аналогично работе ксерокса, только в итоге получается не бумажная копия, а цифровая – в виде файла.

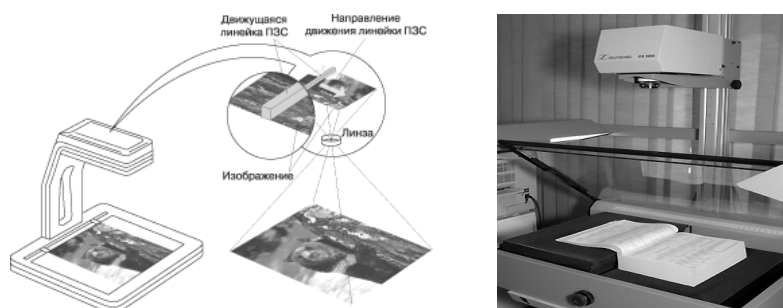


**Рис. 5.12.** Планшетные сканеры

*Роликовый, или протяжный* сканер работает по принципу факса. В нем сканируемый лист с помощью специального механизма

автоматически перемещается относительно сканирующей головки. Такие сканеры меньше планшетных, однако их принципиальным недостатком считается невозможность работы с многостраничными оригиналами: они могут обрабатывать только листовые документы.

*Проекционный* сканер (рис. 5.13) конструктивно похож на фотоувеличитель: сканируемый документ располагается внизу, а сверху находится сканирующая головка.



**Рис. 5.13.** Проекционные сканеры

В последнее время появились специализированные сканеры для фотографий, устанавливаемые непосредственно в системный блок, в «кроватьку» для дисковода.

Основной характеристикой любого сканера (как и принтера) является *разрешающая способность*, измеряемая в точках на дюйм (dpi). Не следует забывать, что на самом деле у сканера два таких параметра: оптическое, т. е. реальное разрешение, и программное. Именно от оптического разрешения – показателя первичного сканирования – зависит качество получаемого изображения, которое затем может быть улучшено программным путем. Разрешающая способность сканера (как и монитора) складывается из двух значений – по горизонтали и вертикали, хотя чаще всего применительно к сканерам используют только первое значение. В подавляющем большинстве случаев для домашнего применения достаточно разрешения сканера в 600 dpi.

Другой характеристикой сканера, определяющей точность цветопередачи, является *разрядность*, измеряемая в битах. Она определяет количество информации, необходимой для оцифровки каждой точки



изображения, или число цветов, распознаваемых сканером. Например, 30 бит соответствуют одному миллиарду цветов!

Кроме того, существенное значение имеет и *тип матрицы* сканера. Луч, отраженный от фотографии или текста, в случае CCD-матрицы сначала проходит систему зеркал и падает на призму, которая разлагает его на отдельные цветовые потоки. Каждый из них попадает на свою распознающую матрицу, построенную на основе CCD-элементов. При использовании CIS-матрицы отраженный луч сразу падает на чувствительную матрицу, с помощью микросхемы разлагающую его на составные части. Во втором случае качество распознавания цветов и оттенков гораздо хуже. К тому же малая глубина резкости таких сканеров вынуждает очень плотно прижимать сканируемый оригинал к стеклянной поверхности – разворот книги невозможно отсканировать.

*Графический планшет*, или *диджитайзер* (рис. 5.14) предназначен для создания графиков и рисунков или ввода готовых. Он представляет собой специальный планшет с чувствительной поверхностью, реагирующей на сигналы от пера и передающей в компьютер координаты точек контакта пера и рабочей поверхности. Перо при контакте с поверхностью планшета выдает сигналы, по которым распознается цвет соответствующего элемента изображения, толщина конкретной линии и т. д. Этот процесс возможен даже в том случае, если перо перемещается не по самой поверхности, а по листу бумаги, лежащему на ней (точнее по специальной пленке, покрывающей лист с изображением), что позволяет осуществлять копирование.



**Рис. 5.14.** Графические планшеты

Размеры графического планшета колеблются от стандартного А4 до формата развернутого газетного листа, однако надо обращать внимание прежде всего на размер рабочей поверхности, который обычно указывается в дюймах. *Разрешающая способность* этих устройств измеряется не в точках, а в линиях на дюйм (lpi), так как здесь главным образом работа ведется с отдельными линиями, а не с точечными изображениями. Для обычного пользователя достаточно разрешение порядка 100 lpi.

Вес пера, как правило, снабженного тремя кнопками регулирования параметров рисуемой линии, существенно влияет на удобство работы с ним. Предпочтение следует отдавать перьям, практически не отличающимся от обычной ручки и не содержащим внутри дополнительных элементов питания. Чувствительность пера к нажатию – это параметр, который выражается в уровнях. Стандартное значение составляет 256 уровней, этого более чем достаточно, поскольку обычно используется не более сорока видов нажатия.

*Звуковая карта* может работать со звуком стандарта MIDI, синтезируя звучание различных инструментов и воспроизводя существующие мелодии. MIDI-клавиатуры (рис. 5.15), подключаемые



**Рис. 5.15.** MIDI-клавиатуры

к звуковой карте через разъем для джойстика, позволяют вводить в компьютер авторские мелодии. С их помощью встроенный в звуковую карту синтезатор получает команды – какую ноту, какой длительности и на каком инструменте надо воспроизвести. Подобные клавиатуры, будучи копией фортепианной, могут содержать от 3 до 7,5 октав (88 клавишей), а также кнопки управления качеством звука, с помощью которых, например, можно изменять тональность мелодии. Кроме того, существуют средства выбора, позволяющие переключать клавиатуру в режим имитации любого доступного инструмента.

*WEB-камера* (рис. 5.16) предназначена для ввода в компьютер видеоданных, качество и объем которых вполне достаточен для их последующей передачи в интернет. Видеотелефоны пока не вошли в нашу жизнь, поэтому именно с помощью WEB-камер организуются интернет-видеоконференции, а также рабочие совещания (при наличии быстрых локальных вычислительных сетей) и т. п. Следует учитывать, что практически все они рассчитаны на подключение к цифровым каналам связи для обеспечения нужной частоты обновления кадров (24 кадра в секунду). Хорошая WEB-камера вполне заменяет цифровой фотоаппарат, поскольку может выделять из потока видеoinформации отдельные кадры, хотя высококачественный цифровой фотоаппарат, в свою очередь, работает гораздо лучше и может с успехом заменить WEB-камеру.



**Рис. 5.16.** WEB-камеры

*Дисплей* или *монитор* является, пожалуй, основным устройством вывода информации. Во время работы с ПК мы всегда смотрим на его экран, поэтому к дисплею предъявляют самые строгие требования в области эргономики – он должен обеспечивать нам возможность безопасной для здоровья и комфортной работы.

В современных ПК самым распространенным типом мониторов до недавнего времени были цветные графические дисплеи на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ). Такие мониторы (рис. 5.17) по принципу действия практически ничем не отличались от обычного телевизора. Изображение формировалось на внутренней поверхности экрана, покрытого слоем люминофора, светящегося под воздействием излучения, генерируемого электронной пушкой и отклоняемого системами горизонтальной и вертикальной развертки.

Каждая точка экрана, называемая пикселем (от англ. pixel – picture element – элемент картинки), может светиться одним из трех цветов – красным, зеленым или синим. Эти цвета являются основными, поскольку их сочетанием в разных пропорциях можно получить любой цвет спектра.



**Рис. 5.17.** ЭЛТ-мониторы

Все управляющие сигналы формируются видеоконтроллером, называемым также видеоадаптером или видеокартой. Видеокарта содержит собственный процессор, память, где хранятся числа, характеризующие состояние каждого пикселя, и три цифроаналоговых преобразователя этих чисел в аналоговые сигналы, соответствующие трем основным цветам. Монитор, получая управляющие сигналы, преобразует их в зрительные образы. Необходимый объем видеопамати для представления на мониторе, например, 16,7 млн цветов (цвет каждого пикселя задается 24-разрядным числом) при разрешающей способности монитора 800×600 пикселей составляет 1,4 Мбайт.

Технология их изготовления давно отработана, поэтому ЭЛТ-мониторы обеспечивают отличную яркость и контрастность изображения и весьма дешевы. Однако им присущи и серьезные недостатки: вредное воздействие на пользователя электромагнитного излучения, большое энергопотребление, громоздкость и большой вес.

Основу плоского и тонкого жидкокристаллического монитора (ЖК-монитора) образуют две плоскопараллельные стеклянные пластины, расположенные на расстоянии нескольких микрон одна

от другой, между которыми находится органическое вещество (жидкие кристаллы). На одной пластине нанесены прозрачные токопроводящие электроды, а на второй – металлизированный слой, также прозрачный. Точки на экране ЖК-монитора (рис. 5.18), построенного на базе жидкокристаллической матрицы, формируются множеством миниатюрных жидкокристаллических элементов, меняющих цветовые параметры под воздействием подаваемого тока. Каждый такой элемент экрана, являющийся пикселем, управляется специальным пленочным транзистором, связанным только с ним, – такой подход реализован в современных активных или TFT-матрицах. Благодаря им изображение на экране меняется практически мгновенно, не оставляя характерных для жидких кристаллов следов.



**Рис. 5.18.** Жидкокристаллический монитор

ЖК-дисплеи обладают массой преимуществ по сравнению с ЭЛТ-мониторами. Они безопасны в экологическом отношении, потребляют гораздо меньше энергии, компактны и легки. Наконец, в них используется цифровой метод передачи информации от компьютера, а не аналоговый канал, как в ЭЛТ-мониторах, что существенно снижает помехи и искажения. Однако у них выше инерци-

онность, а сложность технологии изготовления ЖК-матрицы обуславливает их пока относительно высокую цену.

Плазменные мониторы (рис. 5.19) появились сравнительно недавно: технология их изготовления является самой новой. Изображение на экране такого дисплея формируется плазмой, изменяющей цвет под влиянием тока. Плазменные мониторы объединяют преимущества ЭЛТ- и ЖК-мониторов, но очень дороги и в настоящее время выпускаются только больших размеров – с диагональю экрана, как правило, от сорока дюймов.



**Рис. 5.19.** Плазменный монитор

Век безбумажных технологий наступит еще не скоро. Ведь хорошо известна разница в восприятии нами текста на бумаге и на экране дисплея. Следовательно, *принтер* – печатающее устройство для представления текстовой и графической информации на бумажном носителе – еще долго будет оставаться необходимым приложением к любой ПЭВМ.

Существуют три основных типа принтеров – матричные или игольчатые, струйные и лазерные.

*Матричные принтеры* (рис. 5.20) появились первыми, когда практически все компьютеры работали в символьном режиме, поэтому и они обладали таким же небогатым набором печатных символов. Их печатающая головка содержала от 9 до 25 иголок, кото-

рые под воздействием управляющих сигналов ударяли в различных сочетаниях по красящей ленте. От удара каждой иглки на бумаге появлялась точка, а их комбинации образовывали буквенные или цифровые символы. С применением многоцветной печатной ленты стало возможным получать цветные картинки – соответствующие принтеры уже неплохо справлялись и с графикой.



**Рис. 5.20.** Матричные принтеры

Матричные принтеры были достаточно быстрыми, дешевыми и недорогими в эксплуатации. Однако их существенным недостатком являлась очень шумная работа.

На смену матричным пришли струйные принтеры (рис. 5.21). Печатным устройством в этом принтере является емкость со специальными чернилами, под большим давлением выбрызгиваемыми на бумагу через миниатюрные сопла. Диаметр получающейся точки в десятки раз меньше точки матричного принтера, поэтому качество такой печати гораздо выше.



**Рис. 5.21.** Струйные принтеры

Возможность хорошей цветной печати появилась после того, как все струйные принтеры стали оснащаться кроме обычного черного картриджа еще и дополнительным картриджем с чернилами трех цветов (более совершенные модели содержат и семицветные картриджи).

К недостаткам струйных принтеров относят сравнительно небольшую скорость печати, а также значительную стоимость расходных материалов. Кроме того, если на отпечатанный лист случайно попадет капля воды, то чернила поплывут. Однако указанные недостатки не играют существенной роли в домашних условиях.

В настоящее время самыми качественными являются лазерные принтеры (рис. 5.22). Их печатающее устройство, как и у ксерокса, – барабан со светочувствительным покрытием, его электрические свойства изменяются в зависимости от освещенности. Информация об изображении, формируемая компьютером, с помощью лазерного луча проецируется на вращающийся барабан, на поверхности которого образуются по-разному заряженные участки. К ним притягиваются мелкие частицы красящего порошка – тонера, после чего горячий валик прокатывает бумагу под барабаном, и краска влипает в нее. В результате образуется высококачественное изображение.



**Рис. 5.22.** Лазерные принтеры

Принтеры этого типа отличаются бесшумностью работы, быстротой печати, низкой себестоимостью и высоким качеством отпечатков. Однако стоимость самого лазерного принтера весьма высока, он имеет большую массу и габариты, выделяет озон, что вредно для здоровья в домашних условиях, и, наконец, себестоимость цветного отпечатка очень велика. Конечно, существуют и цветные



лазерные принтеры, но сложность применяемой в них технологии печати делает цену таких устройств пока непомерно высокой.

Светодиодные принтеры (или LED-принтеры) часто также относят к лазерным, поскольку единственное различие между ними заключается в том, что информация на вращающийся барабан проецируется не лазерным лучом, а светодиодной матрицей. Такая экономичная технология формирования на поверхности барабана заряженных участков делает LED-принтеры значительно дешевле.

Многофункциональные устройства (рис. 5.23) объединяют в одном корпусе несколько устройств ввода и вывода информации: сканер, принтер, ксерокс (копир), а иногда и факс. Такой комбайн занимает на рабочем столе гораздо меньше места, чем перечисленные устройства по отдельности, – в этом и заключается его главное и, пожалуй, единственное преимущество. Никаких стандартов на набор входящих в комбайн устройств, как и на их типы, не существует, а их рабочие характеристики можно определить одним словом: средние.



**Рис. 5.23.** Многофункциональные устройства

Акустические системы (рис. 5.24), представляющие собой совокупность звуковых колонок, весьма разнообразны. Стандартную стереосистему образуют две колонки – самый простой вариант. Если к ним добавляется усилитель низких частот, то получаем отличную систему для прослушивания музыки с Audio CD или MP3, в которой с помощью методов имитации объемного звука достигается так называемый эффект 3D. Система из четырех или пяти колонок для подключения к звуковым платам, поддерживающим ра-

боту с двумя парами колонок, обеспечивает получение объемного или трехмерного звучания. Наконец, система «домашний кинотеатр» из шести колонок (5 + 1), полноценный Dolby Digital-комплект, предназначена для воспроизведения DVD-звука при просмотре на компьютере DVD-фильмов.



**Рис. 5.24.** Акустические системы

При выборе колонок для использования в домашних условиях следует руководствоваться следующими параметрами. Частотные характеристики – основной показатель, определяющий качество колонок. Ухо человека может воспринимать звук в диапазоне частот 0,02...20 кГц. Большинство недорогих колонок обеспечивают воспроизведение звука в диапазоне 0,04...18 кГц, поэтому наилучшим вариантом является комплект из трех колонок: пары с хорошим воспроизведением средних и высоких частот (0,1...20 кГц) и усилителя низких частот для диапазона (20...200 Гц). Мощность колонок измеряется в ваттах. Для домашнего применения вполне достаточно 20 Вт на колонку. При размещении колонок следует учитывать, что для получения максимального стереоэффекта слушатель должен находиться от них на расстоянии в полтора раза большем, чем расстояние между самими колонками, желательно, посередине.

Под устройствами «виртуальной реальности» применительно к компьютерной технике подразумевают очки и шлемы объемного изображения. Для создания иллюзии трехмерного изображения воспринимаемая глазами картинка разделяется на две – для левого и правого глаза. Причем эти две картинки, накладываемые одна на другую на обычном экране, отличаются лишь углом поворота по отношению к зрителю. Специальные разноцветные очки позволяют каждому глазу воспринимать только «свою» картинку. Однако

создание программ и фильмов, реализующих такой подход, – весьма трудоемкое дело, поэтому позднее появился другой способ имитации объемного изображения.

Теперь стали использоваться аппаратные возможности самого компьютера, который посылает на экран монитора вместе с исходной картинкой ее копию, немного повернутую по отношению к оригиналу. В результате начальная двухмерная картинка искусственно разделяется на две, и никакой программы для этого не требуется. Однако для восприятия получившегося изображения дешевые двухцветные очки уже не подходят, поэтому был создан шлем виртуальной реальности. В нем два небольших ЖК-монитора находятся на расстоянии нескольких сантиметров каждый от своего глаза. Подобные устройства весьма дороги, глаза в них быстро устают, поэтому вряд ли можно рекомендовать их для повседневного применения.

Наконец, следует упомянуть и жидкокристаллические очки виртуальной реальности, которые с большой скоростью попеременно прикрывают глаза. Параллельно на экран монитора поступают две картинки – для левого и правого глаза, причем такое разбиение исходной картинки также осуществляется аппаратным путем с помощью специального устройства, размещаемого между монитором и видеокартой.

### **Контрольные вопросы**

1. Из каких блоков состояла аналитическая машина Бэббиджа?
2. Когда и где появились первые действующие ЭВМ?
3. Каковы неймановские принципы организации ЭВМ?
4. Чем характеризуются этапы развития вычислительной техники?
5. По каким признакам можно провести классификацию ЭВМ?
6. Когда появился первый ПК?
7. Как можно классифицировать ПК?
8. Какие принципы реализованы в архитектуре ПК?
9. Из каких частей конструктивно состоит современный ПК?
10. Какие основные блоки входят в состав ПК?
11. Каков состав устройств ввода ПК?
12. Каков состав устройств вывода ПК?

## СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ

**Абак** – доска, разделенная на полосы, по которым перемещались камешки или кости; первое устройство, специально предназначенное для вычислений.

**Адаптер** (от лат. *adapto* – преобразовываю), или **контроллер** – устройство подключения блоков компьютера к системной шине.

**Адаптер сетевой** – внешний интерфейс компьютера, устройство его сопряжения с каналом связи; в глобальных сетях функции сетевого адаптера выполняет модем.

**Арифметико-логическое устройство** – блок микропроцессора, выполняющий в компьютере все арифметические и логические операции над числовой и символьной информацией; обычно включает в себя сумматор, два регистра и схемы местного управления.

**Архитектура компьютера** – система функциональных средств, доступных пользователю, в ее состав входят главные и вспомогательные процессоры, запоминающие устройства, устройства ввода/вывода информации.

**Базовая система ввода/вывода – BIOS** (от англ. *Basic Input/Output System*) – аппаратно-программный модуль операционной системы, управляющий внешними устройствами компьютера. При включении ПК осуществляет поиск и загрузку с диска в оперативную память программы-загрузчика ОС, тестирование аппаратной части, а также инициализацию системы прерываний нижнего уровня. Хранится в ПЗУ, содержит программу начальной загрузки ОС, тестовые программы и драйверы стандартных внешних устройств.

**Блок системный** – металлический корпус, в котором размещены процессор, оперативная память, накопители на жестких и гибких дисках, блок питания, адаптеры внешних устройств и др. элементы компьютера.

**Видеоадаптер (видеоконтроллер)** – устройство управления дисплеем и выводом информации на его экран; находится на видеокарте, устанавливаемой в разъем материнской платы, и включает схему управления экраном, видеопамять (растровую память) для хранения воспроизводимой на экране информации, сменные микросхемы ПЗУ (матрицы знаков) и порты ввода/вывода.

**Внешние устройства** – то же, что и периферийные устройства.

**Генератор тактовых импульсов** – устройство генерации последовательности электрических импульсов, частота которых определяет тактовую частоту компьютера.

**Графический планшет, диджитайзер** (англ. *digitizer*) – устройство ручного ввода изображений и графической информации в память путем перемещения по планшету специального указателя (пера), при этом координаты пера автоматически считываются и вводятся в компьютер; по конструкции делятся на электромеханические, планшетные и рулонные.

**Графопостроитель, плоттер** (англ. *plotter*) – устройство вывода графической информации на бумажный носитель; по конструкции делятся на планшетные и барабанные, также бывают векторными с вычерчиванием изображения с помощью пера и растровыми: термографическими, струйными, лазерными и электростатическими.

**Джойстик** (англ. *joystick*) – игровой манипулятор типа координатной ручки, имитирующий рукоятку управления объектом или аппаратом.

**Диск** – машинный носитель информации с прямым доступом. Различают накопители на магнитных и оптических дисках.

**Дисковод** – устройство чтения/записи информации на диске.

**Дискретизация** (от лат. *discretus* – прерывистый, отделенный) – замена непрерывной функции времени  $x(t)$  некоторой аналогичной ей функцией  $f(t)$ , дискретной и разрывной во времени. Любую аналоговую физическую величину можно зарегистрировать в виде отдельных дискретных значений, беря моменты отсчета времени с шагом  $\Delta t$ . Чем меньше  $\Delta t$ , тем больше точек дискретизации, при  $\Delta t \rightarrow 0$  функция приближается к своему первоначальному виду. Дискретизация позволяет эффективнее передавать значительные объемы информации, например, заполнив шаг дискретизации  $\Delta t$  передачей других сигналов, можно осуществить уплотнение каналов связи. Шаг дискретизации выбирают постоянным или пере-

менным, в последнем случае  $\Delta t = f[x(t)]$ , а дискретизация с шагом  $\Delta t = \text{var}$ , зависимым от скорости изменения функции, называется адаптивной.

**Дисплей** (англ. *display*) – устройство отображения информации на экране электронно-лучевой трубки или на жидкокристаллическом.

**Драйвер** (от англ. *driver* – формирователь) – программа, осуществляющая форматное преобразование данных при обмене информацией между основной памятью компьютера и соответствующим внешним устройством.

**Запоминающее устройство** – устройство для приема, хранения и выдачи информации в компьютерах и вычислительных системах. Оно состоит из накопителя, блоков приема, записи, выборки, считывания, выдачи числа и местного управления. По характеру обращения к ЗУ различают адресные, безадресные и ассоциативные; по способу выборки информации из отдельных ячеек – с произвольным, последовательным и циклическим обращением; по функциональному назначению – ОЗУ, ПЗУ, внешнее, буферное, магазинное и т. п. В зависимости от типа ЗУ возможно совмещение функций приема и выдачи числа в одном блоке, отсутствие блоков приема и записи числа в долговременном ПЗУ и т. д.

**Интерфейс** (англ. *interface*) – совокупность программных и технических средств, обеспечивающих взаимодействие пользователя с компьютером в режиме диалога, а также сопряжение всех блоков компьютера между собой.

**Информация аналоговая (непрерывная)** – форма информации, воплощаемая в образах и непрерывно наблюдаемых траекториях процессов. Функция  $x(t)$ , представленная в непрерывном виде, может принимать любые вещественные значения в заданном диапазоне изменения аргумента, т. е. множество ее значений бесконечно.

**Информация дискретная (цифровая)** – основная форма информации, существующая в виде конечных совокупностей различных символов. Функция  $x(t)$ , представленная в дискретном виде, может принимать вещественные значения только при определенных значениях аргумента, т. е. множество ее значений конечно.

**Канал машинный** – совокупность технических средств обмена информацией между центральным процессором и внешними устройствами компьютера.

**Квантование** (от нем. *Quant* – квант, от лат. *quantum* – сколько) – операция преобразования непрерывной величины  $x(t)$  набором ее уровней, заданных в определенные моменты времени  $t$  или в моменты достижения уровнями заранее заданных значений. При этом непрерывный сигнал преобразуется в набор дискретных значений, например импульсов, амплитуды которых пропорциональны значениям передаваемого сигнала. В канал связи передается конечное число заданных уровней, интервал между соседними уровнями называется шагом квантования. Нахождение оптимального шага, при уменьшении которого в сообщении возникает избыточность, а при увеличении – смысл сообщения настолько искажается, что становится невозможным его воспроизведение, связано с разложением исходной функции, интерпретирующей сигнал, в ряд отсчетов, причем для непрерывных функций времени с ограниченным спектром справедлива теорема Котельникова, или Найквиста (отсчетов).

**Клавиатура** – основное устройство ручного ввода в компьютер текстовой, числовой и управляющей информации.

**Код ASCII** (англ. *American Standard Code for Information Interchange*) – Американский стандартный код для обмена информацией – содержит основной стандарт, в котором для кодирования символов используют шестнадцатеричные коды от 00 до 7F, и его расширение – коды от 80 до FF. Основной стандарт является международным и применяется для кодирования управляющих символов, цифр и букв латинского алфавита, в его расширении кодируются символы псевдографики и буквы национальных алфавитов.

**Контроллер прерываний** – программируемое устройство обработки процедур прерывания; принимает запрос на прерывание от внешнего устройства, определяет его приоритет и выдает сигнал прерывания в микропроцессор.

**Котельникова – Найквиста (отсчетов) теорема** – всякая непрерывная функция времени, имеющая ограниченный спектр частот, полностью определяется своими дискретными значениями в моменты отсчета, отстоящие друг от друга на интервалы  $\Delta t = \pi/\omega_{\max}$ , где  $\omega_{\max}$  – максимальная круговая частота в спектре функции  $x(t)$ . Обозначив частоту отсчетов  $F_0 = 1/\Delta t$  и  $f_{\max} = \omega_{\max}/2\pi$ , получим  $F_0 = 2f_{\max}$ . Функцию  $x(t)$  можно представить в виде функции отсчетов (ряда Котельникова):

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k\Delta t) \cdot (\sin \omega_{\max}(t - k\Delta t) / (t - k\Delta t))$$

$-k\Delta t) / (\omega_{\max}(t - k\Delta t))$ ), где  $k$  – номер, а  $\Delta t$  – шаг квантования (дискретизации).

**Манипулятор типа «мышь»** – устройство ввода в компьютер управляющей информации о движении кисти руки, управляет перемещением по экрану дисплея специального указателя (курсора).

**Микрооперация** (от греч.  $\mu\chi\rho\acute{o}\varsigma$  – малый) – преобразование информационной среды, выполняемое за один такт работы операционного автомата.

**Микропроцессор, центральный процессор** (англ. *microprocessor, Central Processing Unit – CPU*) – программно управляемое устройство обработки информации, выполненное на больших или сверхбольших интегральных схемах. В его состав входят АЛУ, УУ, регистровая кэш-память и интерфейсная система сопряжения с другими устройствами компьютера.

**Многофункциональное устройство (МФУ)** – многоцелевое печатающее устройство, в состав которого входят принтер, сканер, копир и факсимильный аппарат.

**Модем, модулятор-демодулятор** – устройство в составе аппаратуры автоматической передачи данных по каналам связи, осуществляет преобразование для передачи по линиям связи (модуляцию) и обратное преобразование (демодуляцию) – при приеме.

**Модулятор** (от лат. *modulator* – соблюдающий ритм) – устройство, изменяющее параметр несущего сигнала под действием информационного (модулирующего) сигнала. В зависимости от того, какой из параметров несущего сигнала (а им могут быть гармонические или импульсные колебания) модулируется, различают амплитудные, частотные и фазовые, а также амплитудно-, частотно-, фазо- и широтно-импульсные модуляторы.

**Монитор, видеомонитор** (от лат. *monitor* – советник, надсмотрщик) – то же, что и дисплей.

**Мультипроцессорная обработка** – обработка информации в компьютере на нескольких процессорах.

**Мультипроцессорная система** – совокупность взаимосвязанных средств вычислительной техники, включающая не менее двух центральных процессоров, обменивающихся информацией через общую область памяти.

**Накопитель** – блок запоминающего устройства компьютера, предназначенный для хранения информации. Представляет собой упорядоченную совокупность запоминающих ячеек, в каждой из которых хранится одно машинное слово.



**Накопитель на гибких магнитных дисках** – то же, что и дискета.

**Накопитель на жестких магнитных дисках типа «винчестер»** – один или несколько жестких дисков и блок магнитных головок записи/чтения в герметически закрытом корпусе; в последнее время в них стал использоваться метод зонной записи, что увеличивает емкость жестких дисков примерно на треть.

**Накопитель на магнитной ленте** – в персональных компьютерах используют накопители на кассетной магнитной ленте – картриджи, их лентопротяжные механизмы называют стриммерами.

**Накопитель на оптических дисках** – лазерно-оптические диски, запись и чтение информации на поверхности которых осуществляется в оптическом дисководе компьютера лазерным лучом.

**Обращение к запоминающему устройству** – этап работы запоминающего устройства по извлечению или введению в него информации. Разные способы обращения к ЗУ влияют на структуру компьютера в целом и определяют тип ЗУ, а скорость работы последнего характеризуется временем обращения к нему.

**Оперативное запоминающее устройство, ОЗУ, RAM** (от лат. *operor* – действую, обрабатываю и англ. *Random Access Memory* – память с произвольным доступом) – запоминающее устройство, предназначенное для записи, хранения и выдачи информации, непосредственно участвующей в вычислительном процессе при функционировании компьютера. ОЗУ состоит из больших интегральных схем, содержащих матрицы запоминающих элементов – триггеров; последние расположены на пересечении горизонтальных и вертикальных шин матрицы, подачей импульсов по которым осуществляется запись и считывание информации, причем она теряется при отключении напряжения питания.

**Операционная система** (от греч. σύστημα – сочетание, объединение) – комплекс программ, осуществляющих управление вычислительным процессом и реализующих наиболее общие алгоритмы обработки информации на компьютере. ОС обеспечивает управление аппаратной частью компьютера, прикладными программами, а также их взаимодействие между собой и пользователем.

**Периферийные устройства** (от греч. περίφερεία – окружность, поверхность) – устройства, выполняющие внешние функции машинной обработки информации, их часто отождествляют с внешними устройствами.

**Плата системная (материнская)** – печатная плата внутри системного блока, на которой размещают микропроцессоры, микросхемы ОЗУ и ПЗУ, адаптеры клавиатуры и накопителей на дисках, контроллер прерываний, таймер, генератор тактовых импульсов, разъемы (слоты) для подключения плат расширения и др.

**Порт ввода/вывода** – пункт системного интерфейса компьютера, через который микропроцессор обменивается информацией с внешним устройством; стандартные устройства имеют постоянно закрепленные за ними порты ввода/вывода.

**Постоянное запоминающее устройство** (от англ. *Read Only Memory* – память только для чтения) – энергонезависимое запоминающее устройство, предназначенное для хранения постоянной информации, в частности, программ базовой системы ввода/вывода.

**Прерывание** – временный останов работы одной программы для выполнения более приоритетной. Процедура прерывания при работе компьютера обслуживается контроллером прерываний.

**Принтер** (англ. *printer*) – устройство вывода информации на бумажный носитель; делятся на матричные, струйные и лазерные.

**Процессор** (англ. *processor*) – блок компьютера, реализующий процесс обработки информации, в состав которого входят арифметико-логическое устройство, устройство управления и запоминающее устройство. Для выполнения вычислений используется центральный, для управления вводом/выводом данных – периферийный, для переработки информации – управляющий, для решения специфических задач – специализированный процессор, для перераспределения вычислительной работы между процессорами – диспетчер и т. д. См. также микропроцессор.

**Регистр** (от лат. *registrum* – список, перечень) – типовой блок компьютера для промежуточного оперативного хранения слов. Регистр состоит из набора запоминающих элементов (обычно триггеров), пронумерованных в соответствии с разрядами хранимых в нем слов, и схем приема и выдачи слов (логических схем), обслуживающих один или несколько таких наборов.

**Режим мультипрограммный** (от лат. *multum* – множество) – способ организации и использования компьютера для совместного выполнения нескольких программ, достигающийся разделением времени работы процессора между выполняемыми программами.

**Режим мультипроцессорный** – способ организации решения задач на мультипроцессорной вычислительной системе, содержащей несколько процессоров. Мультиобработка вводится для повышения эффективного быстродействия вычислительной системы путем распараллеливания процесса выполнения алгоритма на несколько процессоров.

**Сенсорная площадка** (англ. *touchpad*) – устройство управления движением курсора на экране дисплея портативного компьютера.

**Сканер** (англ. *scanner*) – устройство автоматического считывания с бумажного носителя и ввода в компьютер машинописных текстов и графической информации; делятся на ручные, рулонные, планшетные и специальные.

**Сопроцессор математический** – блок микропроцессора, имеющий свою систему команд и работающий параллельно с основным микропроцессором для ускорения выполнения вычислительных операций в компьютере.

**Таймер** (англ. *timer*, от *time* – время) – аппаратно-программные средства компьютера, предназначенные для задания временных меток.

**Такт** (нем. *Tact*, от лат. *tactus* – осязание) – промежуток времени между двумя следующими друг за другом управляющими сигналами, вырабатываемыми УУ; является частью цикла выполнения компьютером некоторой команды. В каждом такте управляющий сигнал поступает на одну или несколько управляющих шин, обеспечивая выполнение одной или одновременно нескольких микроопераций.

**Трекбол** (англ. *trackball*) представляет собой перевернутую механическую мышь.

**Устройства ввода/вывода** – устройства, предназначенные для ввода информации в компьютер и вывода результатов его работы, а также для преобразования данных из одной формы в другую.

**Устройство управления** – устройство, выбирающее из потока поступающей информации последовательность управляющих сигналов, координирующих совместную работу всех узлов компьютера. Управление командами и операциями – основные функции УУ. Управление командами обеспечивает задаваемый программой порядок их следования. Управление операциями осуществляется расшифровкой их кодов, каждой операции соответствует своя

временная последовательность управляющих сигналов, реализующая необходимую для данной операции последовательность микроопераций.

**Шина системная (магистраль)** – основная интерфейсная система компьютера, обеспечивающая связь всех его устройств между собой, включает шины адреса, данных, управления и питания.

## ЛИТЕРАТУРА

*Акулов О.А., Медведев Н.В.* Информатика: базовый курс. М.: Омега-Л, 2004.

*Глушков В.М.* (ред.) Словарь по кибернетике. Киев: Главная редакция УСЭ, 1979.

*Гук М.* Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия. 2-е изд. СПб.: Питер, 2002.

*Костров Б.В.* Основы цифровой передачи и кодирования информации. М.: ТехБук, 2007.

*Леонтьев В.П.* Новейшая энциклопедия компьютера 2011. М.: ОЛМА Медиа Групп, 2011.

*Сырецкий Г.А.* Информатика. Фундаментальный курс. Т. 1: Основы информационной и вычислительной техники. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

4. Представление и преобразование информации .....	3
4.1. Представление информации .....	3
4.2. Преобразование информации .....	20
Контрольные вопросы .....	29
5. Обработка информации .....	30
5.1. Развитие вычислительных средств .....	30
5.2. Поколения ЭВМ .....	34
5.3. Классификация систем обработки информации .....	39
5.4. Общая структура персонального компьютера .....	45
5.5. Устройства ввода и вывода информации .....	49
Контрольные вопросы .....	66
Словарь основных терминов .....	67
Литература .....	76

*Учебное издание*

**Губарь** Александр Михайлович

## **НАЧАЛЬНЫЙ КУРС ИНФОРМАТИКИ**

Конспект лекций

Часть 2

Редактор *В.М. Царев*

Корректор *М.А. Василевская*

Компьютерная верстка *А.Ю. Ураловой*

Подписано в печать 28.06.2012. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 4,65. Тираж 100 экз. Изд. № 46. Заказ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.  
Типография МГТУ им. Н.Э. Баумана.  
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5.

*Для заметок*