A robotic hand is shown holding a film reel. The hand is dark-colored with a white palm side. The film reel is silver and black. The background is a bright white circle on a dark grey background.

ЛЕКЦИЯ №7 СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕХАНИКИ, ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

- 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ТЕЛЕМЕХАНИКИ.**
- 2. ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕМЕХАНИКИ.**
- 3. КОДИРОВАНИЕ СООБЩЕНИЙ.**
- 4. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СООБЩЕНИЙ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ПО КАНАЛАМ СВЯЗИ.**
- 5. ЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ И ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ.**
- 6. АНАЛОГО-ЦИФРОВОЕ И ЦИФРОАНАЛОГОВОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ.**
- 7. МИКРОПРОЦЕССОРЫ, ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЛЕРЫ.**

8. СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВОЙ

Общие сведения о системах телемеханики

Телемеханика — область науки и техники, предметом которой является разработка методов и технических средств передачи и приема информации (сигналов) с целью управления и контроля на расстоянии.

Специфическими особенностями телемеханики являются:

- 1) удаленность объектов контроля и управления;
- 2) необходимость высокой точности передачи измеряемых величин;
- 3) недопустимость большого запаздывания сигналов;
- 4) высокая надежность передачи команд управления;
- 5) высокая степень автоматизации процессов сбора информации.

Телемеханизация применяется тогда, когда необходимо объединить разобщенные или территориально рассредоточенные объекты управления в единый производственный комплекс (например, при управлении газо- и нефтепроводом) либо когда присутствие человека на объекте управления нежелательно (например, в атомной промышленности, на химических предприятиях) или невозможно (например, при управлении непилотируемой ракетой).

Особое значение телемеханика приобретает в связи с созданием автоматизированных систем управления (АСУ). Обработка данных, полученных по каналам телемеханики, на ЭВМ позволяет значительно улучшить контроль за технологическим процессом и упростить управление

Поэтому в настоящее время понятия «телемеханика» и АСУ ТП становятся синонимами. Разница между этими понятиями заключается не столько в технической сути, сколько в традициях использования в определенной области промышленности. Например, в трубопроводном транспорте предпочитают использовать слово «телемеханика», на промышленных предприятиях — АСУ ТП.

В англоязычных источниках аналогом понятия «телемеханика» является сокращение SCADA — *Supervisory Control And Data Acquisition* — диспетчерское управление и сбор данных, в которое вкладывается, по сути, тот же смысл.

Пример построения двухуровневой телемеханической системы, ставшей классической схемой, показан на рис. 11.1.





Контроль и управление системой осуществляют с пункта управления (ПУ), где находятся диспетчер, аппаратура телемеханики, ЭВМ, мнемонический

щит. Объекты контроля и управления находятся на одном или нескольких контролируемых пунктах (КП).

Базовыми функциями системы телемеханики являются телеуправление (ТУ), телеизмерение (ТИ), телесигнализация (ТС) и телерегулирование (ТР).

Телеуправление обеспечивает дистанционное управление объектом контроля. ТУ представляет собой воздействие на исполнительные органы контролируемых пунктов, имеющие дискретное состояние, путем подачи также дискретных команд. Команды ТУ обычно двухпозиционные: включить — отключить.

Телесигнализация используется для дистанционного контроля дискретных изменений состояния объекта, например включен/выключен, открыт/закрыт, норма/авария и т.п. Для получения данных объект оснащают датчиками состояния. В простейшем случае применяют двухпозиционные контактные переключатели, но могут использоваться и многопозиционные переключатели.

Телеизмерение используется для получения количественных значений непрерывных параметров контролируемого процесса, например температуры, давления и т. п. Для измерения на объекте используют преобразователи, которые преобразуют эти параметры в нормированные электрические сигналы. Контроллер КП измеряет значения этих сигналов и по запросам ПУ или периодически передает их на ПУ в цифровом виде.

Телерегулирование обеспечивает дистанционное задание уровня воздействия на объект управления. Оно представляет собой телеуправление объектами с непрерывным множеством состояний. Для реализации телерегулирования используются функции ТИ—ТУ или ТС—ТУ. Управление начинается с задания оператором величины воздействия, а затем выдачей команды с ЭВМ.

Пункт управления — это место размещения диспетчерского персонала, аппаратуры для приема и обработки информации от контролируемых пунктов. Часто под термином ПУ подразумевают контроллеры, непосредственно выполняющие прием и первичную обработку данных от КП. **В задачи ПУ входят:**

- 1) прием данных с КП по каналам связи;
- 2) организация опроса КП при подключении нескольких КП на один канал связи;
- 3) передача на КП команд управления;
- 4) передача данных и прием команд ЭВМ;
- 5) переадресация, передача данных на верхний уровень и прием команд с верхнего уровня в многоуровневых системах.

Контролируемый пункт — это место размещения объектов контроля и управления, а также аппаратура, выполняющая функции контроля и управления, обычно называемая контроллером КП. Часто под термином КП подразумевают один контроллер, установленный на контролируемом объекте.

. На крупных объектах (таких как нефтеперекачивающие или компрессорные станции) могут находиться несколько контроллеров КП.

Взаимодействие между ПУ и КП происходит по каналу связи.

Каналом связи называется совокупность технических средств и тракта для передачи сообщений на расстояние независимо от других каналов. Он образуется в линии связи — проводной, радиолинии и др

Линия связи — это физическая среда или тракт, по которым происходит передача сигналов между КП и ПУ, например проводная или кабельная линия, оптоволокно, выделенный телефонный канал, радиоканал и т. п.

Способ кодирования данных и порядок обмена посылками обычно называют **протоколом обмена**.

Мнемонический щит представляет собой табло с пассивной схемой контролируемого объекта и активными элементами, отображающими текущее состояние объекта.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) — это рабочее место специалиста в какой-либо предметной области, оборудованное компьютером и специальным программным обеспечением, помогающее решать задачи в рамках деятельности этого специалиста (например, АРМ диспетчера, АРМ технолога и т.п.). АРМ может быть оснащено дополнительным нестандартным оборудованием

В современных системах телемеханики большое внимание уделяется их программному обеспечению и интеграции с действующими системами и программными комплексами. В программном обеспечении наблюдается тенденция к стандартизации программных интерфейсов систем сбора данных и обрабатывающих программ, обеспечению возможности экспорта собранных данных в специализированные программы (расчета режимов, планирования, аналитические, АРМ специалистов).

С технической стороны в системах все чаще используются современные скоростные каналы связи (оптоволокно, *Ethernet*) и беспроводные технологии (например, транкинговая и сотовая связь). К традиционным функциям телемеханики (телесигнализация, телеизмерение, телеуправление) добавляются функции различного учета, транспорта данных с локальных автоматических приборов.

Передача информации в системах телемеханики

При управлении производственным процессом происходит постоянный обмен различными сообщениями о событиях, происходящих в той или иной точке процесса.

Эти сообщения несут информацию о его состояниях или предназначены для изменения этих состояний — например, сообщение об изменении давления в трубопроводе или команда на закрытие задвижки.

Для получателя сообщения, как правило, интерес представляет только его новая часть — *информация*, т. е. содержательные сведения (данные), ранее ему неизвестные. Сообщения передаются с помощью сигналов.

Сигналом называется носитель (переносчик) сообщения.

Процесс передачи сообщений условно показан в виде схемы, показанной на рис. 11.2. Сообщение от источника поступает в передающее устройство, которое преобразует его в сигнал, передаваемый по каналу связи. Процесс автоматического преобразования в сигнал, происходящий в передающем устройстве, включает в себя одну или несколько из следующих операций: преобразование из одной физической формы в другую, квантование, модуляцию, кодирование. Канал связи начинается на входе передающего устройства и кончается на выходе приемного устройства. В процессе передачи на сигнал накладываются различные помехи. Приемное устройство отфильтровывает их и восстанавливает по полученному сигналу сообщение для получателя.

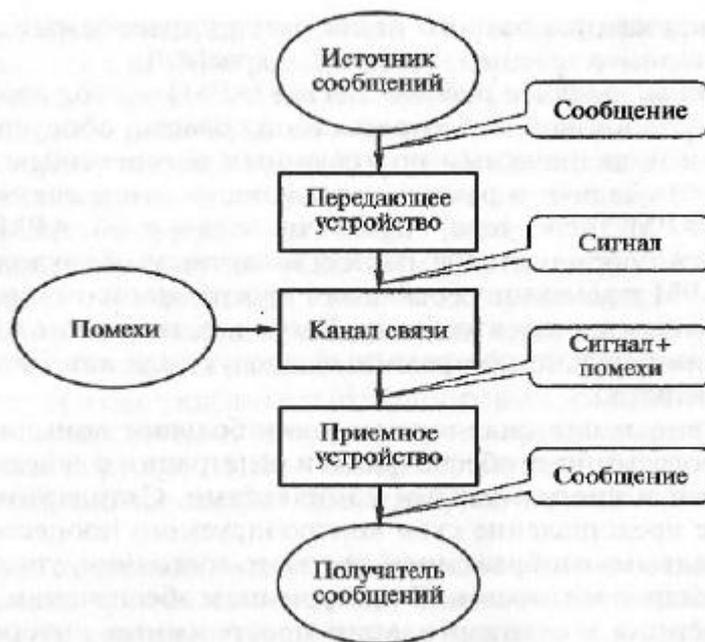


Рис. 11.2. Одноканальная система передачи сообщений в системах телемеханики

Преобразование сообщений для передачи по каналам связи

В зависимости от характера изменения во времени сообщения делятся на **четыре группы**:

- 1) непрерывные;
- 2) дискретные по времени;
- 3) дискретные по множеству;
- 4) дискретные по времени и по множеству.

Процесс наложения сообщения на переносчик информации называется *модуляцией*. Основным смыслом модуляции — передача низкочастотного сообщения высокочастотным сигналом.

Преимущества: значительное уменьшение мощности передатчика и затухания сигнала; возможность одновременной передачи по одной линии связи разных сообщений; повышение достоверности передаваемых сообщений вследствие лучшей помехозащищенности модулированных сигналов.

В зависимости от того, какой параметр переносчика меняется, **модуляция** может быть **непрерывной** (амплитудной, частотной, фазовой) или **импульсной** (широко-импульсной и т. д.). А **параметры сигнала**, используемые для передачи, называются **импульсными признаками**.

К ним относятся:

- 1) полярность — этот признак является наиболее помехозащищенным, но позволяет формировать только два различных состояния;
- 2) амплитуда импульса — с помощью этого признака можно сформировать любое число состояний, но амплитуда сигнала наиболее подвержена действию помех; кроме того, если амплитуды соседних сигналов отличаются незначительно, их трудно различать на приемной стороне;
- 3) длительность импульса;
- 4) частота импульсов;
- 5) фаза импульса — с помощью этого признака обычно тоже формируется только два состояния, одному из которых соответствует посылка импульса, синфазного опорному сигналу, а другому сообщению — импульса, аходящегося в противофазе с опорным сигналом

Кодирование сообщений

Кодирование, — это преобразование по определенному правилу дискретного сообщения в дискретный сигнал в виде кодовых комбинаций. Обратный процесс (*декодирование*) должен однозначно восстановить передаваемое сообщение. **Целью кодирования** является эффективное использование каналов связи и увеличение достоверности передачи информации.

Код — система условных знаков, символов для передачи, обработки и хранения различной информации.

Конечная последовательность кодовых знаков называется **кодовым словом**. Число различных символов, которые используются в словах кода, называется **основанием m** данного кода, а сами символы составляют так называемый **кодовый алфавит**.

Число элементов кода в кодовом слове определяет его **длину**, или **разрядность, n** .

В качестве примера представлена запись чисел от 0 до 9 четырехразрядным двоичным кодом.

0	0000	2	0010	4	0100	6	0110	8	1000
1	0001	3	0011	5	0101	7	0111	9	1001

Двоично-десятичный код позволяет записать каждый разряд десятичного числа в виде четырехразрядного двоичного кода, т. е. в двоичной системе счисления представляется отдельно каждая цифра. Например, число 8 247 запишется в виде 1000 0010 0100 0111 (8->1000, 2->0010, 4->0100, 7->0111).

Коды, позволяющие обнаружить ошибку, называются **обнаруживающими**. Коды, позволяющие обнаружить и исправить ошибки, называются **корректирующими**.

Логические функции и логические элементы. Логические переменные и основные операции над ними

В цифровых устройствах носителем информации является *цифровой двоичный код*. Этот код состоит из множества двоичных разрядов, каждый из которых принимает только два фиксированных значения — «0» или «1». Двум двоичным цифрам соответствуют два состояния электронной схемы.

Основанием системы служит число два, а коэффициентами могут быть только две цифры — ноль (0) и единица (1), которые называют *битами (двоичными цифрами)*.

В любой системе кодирования должно выполняться неравенство

$$N < S^n,$$

где N — количество кодируемых объектов;

S — основание кода (основание системы счисления);

n — длина кода (количество разрядов в кодовом слове).

Например, для записи числа 14 в двоичной системе счисления необходим четырехразрядный код: $2^4 = 16$, $14 < 16$.

Для хранения и обработки информации в виде текстов, формул и чисел необходимо с помощью бит закодировать около 150 различных символов (заглавные и строчные буквы латинского и русского алфавитов, знаки препинания, математические знаки, десять цифр и т.п.), т.е. $N \sim 150$.

Для этого необходимы 8-разрядные коды ($2^8 = 256$).

Восьмиразрядный код называют *байтом*. Емкость памяти ЭВМ оценивают в килобайтах (кбайт), мегабайтах (Мбайт) и гигабайтах (Гбайт).

Все цифровые устройства основаны на принципе многократного повторения относительно простых базовых логических схем. Связи между этими схемами строятся на основе чисто формальных методов.

Инструментом такого построения служит булева алгебра, названная по имени одного из ее разработчиков — английского математика Дж. Буля. Применительно к цифровой технике она называется также алгеброй логики. Логическая переменная имеет только два значения, которые обычно называются логическим нулем и логической единицей и обозначаются «0» и «1» или просто 0 и 1.

Существует три основные операции между логическими переменными: **конъюнкция** (логическое И);

дизъюнкция (логическое ИЛИ);

инверсия (логическое НЕ).

Конъюнкция называется также логическим умножением (12.1),

дизъюнкция — логическим сложением (12.2),

инверсия — отрицанием (12.3):

$$F = A \wedge B = A \cdot B = AB; \quad (12.1)$$

$$F = A \vee B = A + B; \quad (12.2)$$

$$F = \bar{A}, \quad (12.3)$$

где F — логическая (булева) функция;

A и B — логические переменные.

Значения этих логических функций для всех возможных значений двух переменных называются **таблицей истинности**.

Операции над логическими переменными выполняются по определенным правилам. Прежде всего необходимо учитывать принцип двойственности (теорема де Моргана), который в общем виде записывается так:

$$\begin{aligned} \overline{A+B+C+\dots} &= \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \dots ; \\ \overline{A \cdot B \cdot C \cdot \dots} &= \bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \dots \end{aligned} \quad (12.4)$$

Для преобразования формул алгебры логики с целью их минимизации, как и в обычной алгебре, используются скобки, а если их нет, то сначала выполняется отрицание (инверсия) над отдельными переменными, затем логическое умножение (конъюнкция) и наконец логическое сложение (дизъюнкция). Если черта (знак инверсии) стоит над совокупностью букв и знаков, то она выполняется в последнюю очередь. Используются также теоремы алгебры логики.

Реализация логических операций элементами цифровой техники

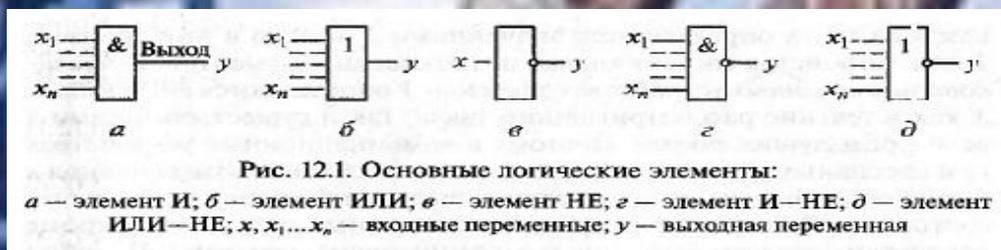
Логические переменные могут иметь только два дискретных значения, поэтому они реализуются с помощью схем, которые могут находиться в двух легко различимых состояниях.

Таковыми схемами являются **электрические переключающие схемы**, выполняемые на основе транзисторных ключей.

Для представления логических переменных в цифровых элементах используется электрическое напряжение, имеющее два различных уровня: высокий, близкий по уровню к напряжению питания (транзистор закрыт), и низкий, близкий к потенциалу корпуса (транзистор открыт).

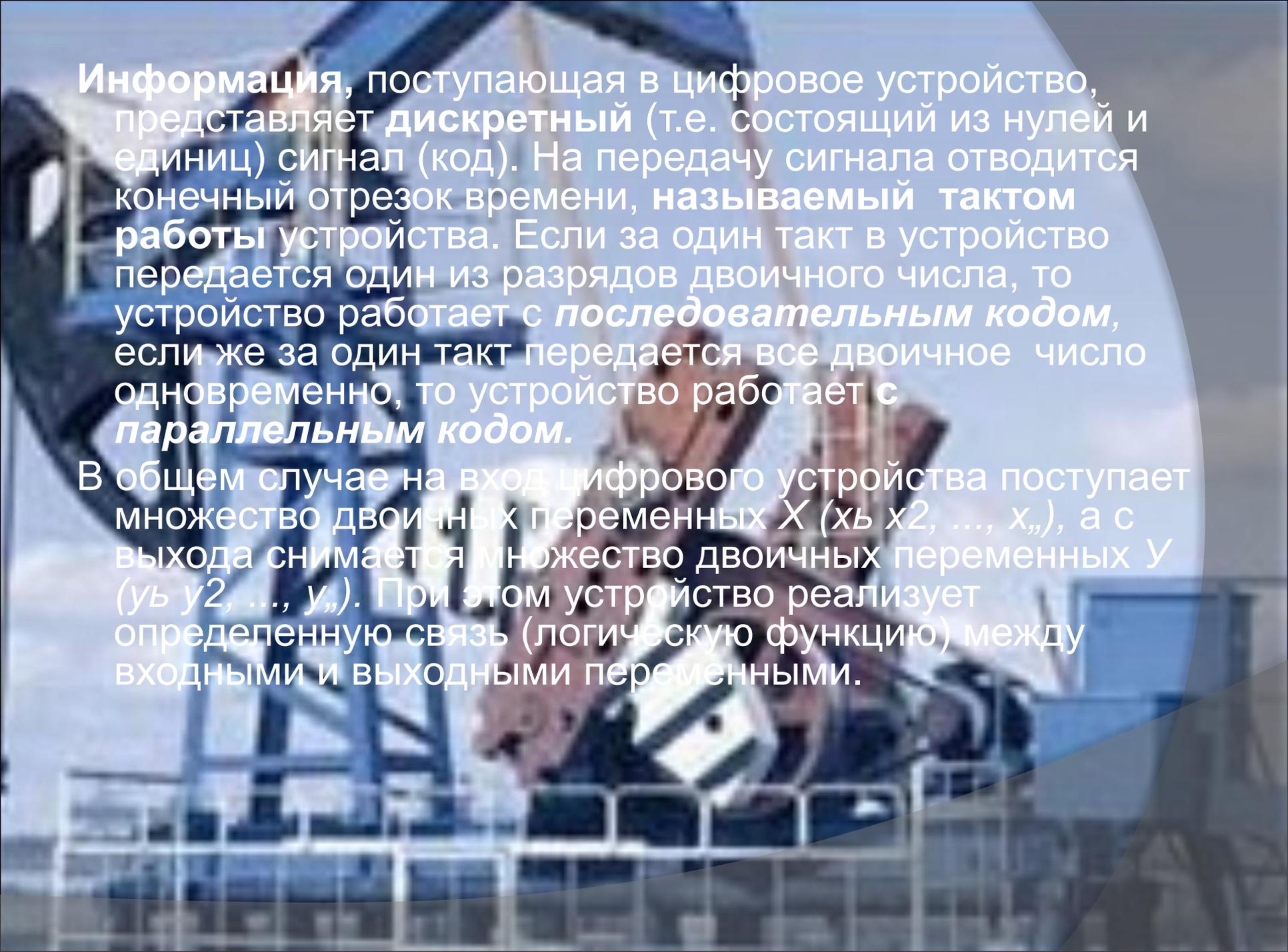
Этим уровням можно поставить в соответствие состояния логических «1» и «0». Если высокий уровень напряжения *соответствует логической «1»*, а низкий — *логическому «0»*, логика называется **позитивной**, а если наоборот (высокий — «0», низкий — «1») — **негативной логикой**.

Для реализации трех основных операций алгебры логики в схемах цифровых устройств *используются основные логические элементы, входные переменные* которых часто обозначают через x , а *выходные* — через y : 1) элемент И — схема логического умножения, конъюнктор (рис. 12.1, а); 2) элемент ИЛИ — схема логического сложения, дизъюнктор (рис. 2.1, б); 3) элемент НЕ — схема логического отрицания, инвертор (рис. 12.1, в). Этот набор элементов называют *основным базисом* или *основной функционально полной системой элементов*.



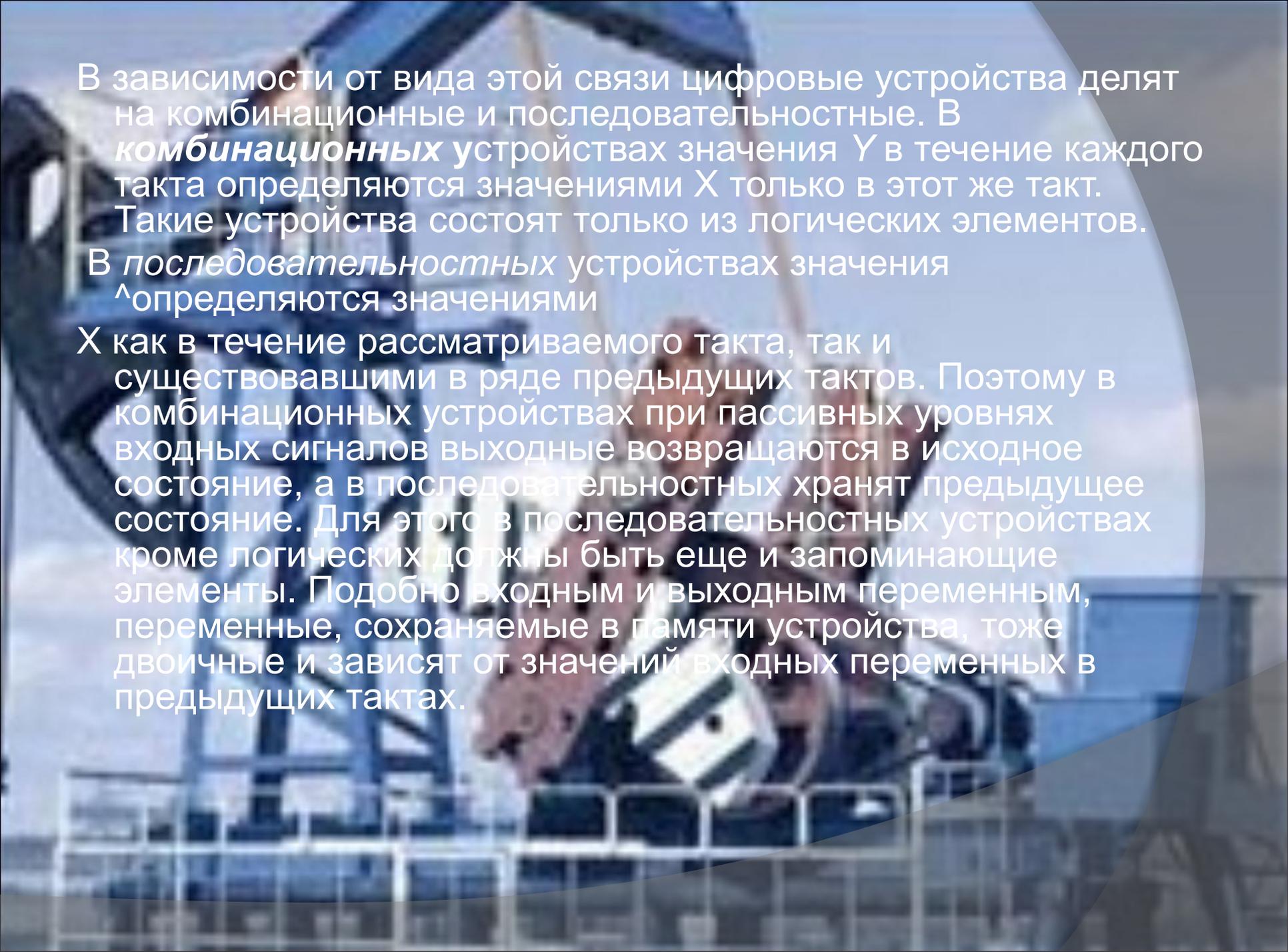
Помимо этих элементов часто применяются логические схемы, выполняющие операции И—НЕ (рис. 12.1, г) и ИЛИ—НЕ (рис. 12.1, д);

каждая из них является функционально полной.

A person is working on a large industrial machine, possibly a lathe, in a factory setting. The person is wearing a white shirt and is focused on the task. The machine is blue and has various components and tools attached to it. The background is a blurred industrial environment with metal structures and equipment.

Информация, поступающая в цифровое устройство, представляет **дискретный** (т.е. состоящий из нулей и единиц) сигнал (код). На передачу сигнала отводится конечный отрезок времени, **называемый тактом работы** устройства. Если за один такт в устройство передается один из разрядов двоичного числа, то устройство работает с **последовательным кодом**, если же за один такт передается все двоичное число одновременно, то устройство работает с **параллельным кодом**.

В общем случае на вход цифрового устройства поступает множество двоичных переменных X (x_1, x_2, \dots, x_n), а с выхода снимается множество двоичных переменных Y (y_1, y_2, \dots, y_m). При этом устройство реализует определенную связь (логическую функцию) между входными и выходными переменными.



В зависимости от вида этой связи цифровые устройства делят на комбинационные и последовательностные. В **комбинационных** устройствах значения Y в течение каждого такта определяются значениями X только в этот же такт. Такие устройства состоят только из логических элементов. В **последовательностных** устройствах значения Y определяются значениями X как в течение рассматриваемого такта, так и существовавшими в ряде предыдущих тактов. Поэтому в комбинационных устройствах при пассивных уровнях входных сигналов выходные возвращаются в исходное состояние, а в последовательностных хранят предыдущее состояние. Для этого в последовательностных устройствах кроме логических должны быть еще и запоминающие элементы. Подобно входным и выходным переменным, переменные, сохраняемые в памяти устройства, тоже двоичные и зависят от значений входных переменных в предыдущих тактах.

Аналого-цифровое и цифроаналоговое преобразование. Основные элементы цифровых устройств

В основе функционирования любой системы автоматизации лежат **информационные процессы** — сбор датчиками информации об объекте, ее преобразование, передача, обработка и хранение.

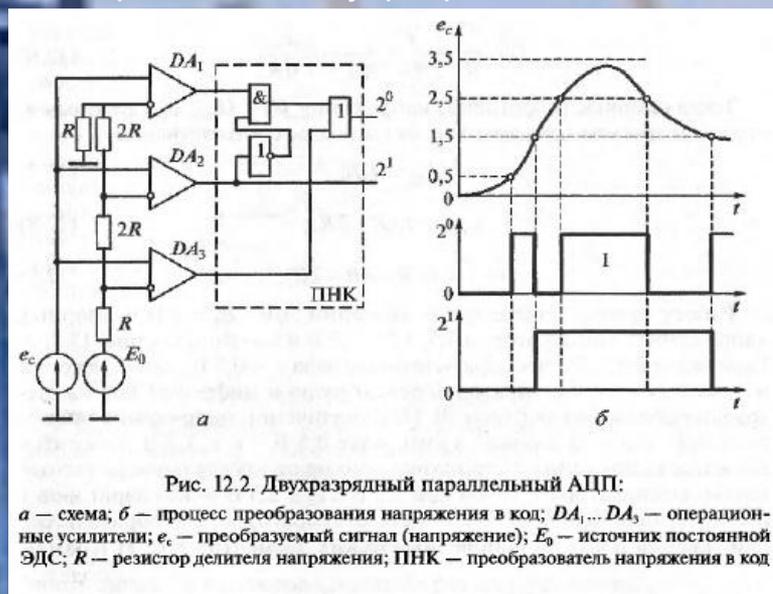
Прежде чем информация дойдет от отправителя до получателя, она подвергается различным преобразованиям. Это связано с тем, что технологические параметры, характеризующие состояние объекта управления, представляют собой непрерывные физические величины (температура, давление, уровень, скорость и т.д.).

Датчик, измеряющий какой-либо параметр, преобразует его также в **непрерывный сигнал**, удобный для дальнейшей передачи. Такой сигнал называется **аналоговым** — это сигнал, определенный для любого момента времени, т.е. он представляет собой непрерывную функцию времени. Обработка же полученной информации посредством микропроцессоров требует представления информации в цифровой форме. В то же время существует достаточно большое количество устройств, рассчитанных на унифицированный аналоговый входной сигнал, что требует обратного преобразования информации в аналоговую форму.

Все параметры подвергаются двум основным преобразованиям: *аналого-цифровому и цифроаналоговому*.

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) преобразуют информацию о сигнале в аналоговой форме, т. е. о напряжении, непрерывном во времени, в информацию о нем в форме цифрового кода — обычно в двоичной системе счисления. Они используются, например, для ввода информации в управляющую ЭВМ от датчиков состояния объекта управления.

На рис. 12.2, а приведена принципиальная схема параллельного АЦП на два разряда (т. е. он преобразует входное напряжение в двухразрядный двоичный код).



Основными элементами этого АЦП являются компараторы на базе операционного усилителя (ОУ), работающего в импульсном режиме.

Опорные напряжения для компараторов АЦП (см. рис. 12.2, а) задаются источником постоянной ЭДС E_0 и делителем напряжения на резисторах R .

Цифроаналоговые преобразователи (ЦАП) преобразуют цифровой двоичный код в аналоговое выходное напряжение (ток). Это позволяет, например, использовать цифровой двоичный код для управления работой исполнительных механизмов, таких как электрические двигатели, реле, выключатели и т.д. На рис. 12.4 показана принципиальная схема четырехразрядного ЦАП с двоичными весами сопротивлений резисторов в цепях разрядов. Аналоговый сумматор выполнен на базе операционного усилителя. Сопротивление цепи старшего разряда равно R ; сопротивление каждого предыдущего разряда в два раза больше, т.е. для четырехразрядного кода сопротивление младшего разряда составляет $8R$. Сопротивление обратной связи — R_{oc} . Ключи S_i управляются кодом, подаваемым на вход ЦАП.

Ключами служат транзисторы, обычно полевые, базовые цепи которых подключаются к источнику цифровых сигналов в двоичной системе счисления.

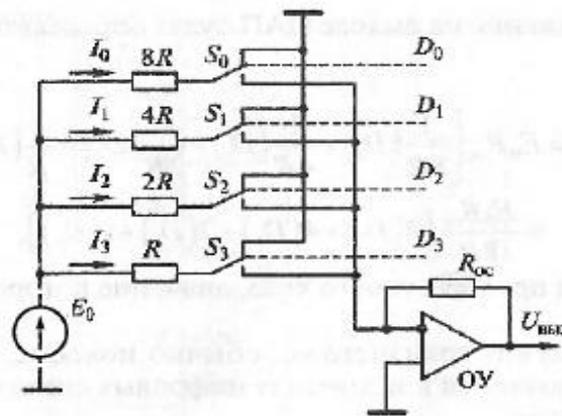


Рис. 12.4. Четырехразрядный ЦАП:

E_0 — опорное напряжение; R_{oc} — сопротивление обратной связи; nR — сопротивление разряда; S_i — ключи; $U_{вых}$ — напряжение на выходе ЦАП; I_i — ток через сопротивление разряда; D_i — разряд преобразуемого кода; ОУ — операционный усилитель

Кроме АЦП и ЦАП в цифровых устройствах автоматики широко используются еще несколько элементов — **коммутаторы, дешифраторы, счетчики.**

Коммутатор (переключатель, мультиплексор) представляет собой устройство с несколькими информационными и управляющими входами и одним выходом. Эти устройства применяются в аналоговых и цифровых многоточечных измерительных приборах, устройствах связи с объектом. Коммутаторы бывают: электромеханические и электронные. Частота коммутации аналоговых сигналов составляет 1... 100 Гц, импульсных — десятки кГц.

Счетчик относится к последовательностным устройствам; он предназначен для хранения двоичного кода числа и выполнения микроопераций счета, заключающихся в изменении значения числа на +1. В **суммирующих** счетчиках число возрастает на 1, а в **вычитающих** — уменьшается. Если в счетчике выполняются обе операции, он называется **реверсивным.**

Основной характеристикой счетчика является модуль счета K_c .

Дешифратор (декодер) представляет собой устройство, которое преобразует n -разрядный двоичный код на входе в m -разрядный двоичный код на выходе. Дешифраторы используются в блоках цифровой индикации, цепях логического управления исполнительными механизмами и т.д. На рис. 12.5, а приведена одна из наиболее распространенных схем использования дешифратора — для высвечивания десятичных цифр на светодиодном индикаторе. Все цифры от 0 до 9 представляются четырехразрядным двоичным кодом, который подается на информационные входы x_0, x_1, x_2, x_3 . Светодиодные индикаторы содержат семь светящихся сегментов A, B, C, D, E, F, G (рис. 12.5, б), из которых составляются стилизованные изображения

всех десятичных цифр. Соответственно дешифратор имеет семь выходов, каждый из которых включает свой сегмент.

Таким образом, дешифраторы преобразуют двоичные сигналы на информационных входах в активные уровни выходных сигналов.



Рис. 12.5. Дешифратор для управления семисегментным индикатором:
а — схема; б — семисегментный индикатор; в — семисегментный индикатор с горящей цифрой 4

Дешифратор работает при наличии на управляющем входе U сигнала высокого уровня; при наличии сигнала низкого уровня все выходы дешифратора обнуляются независимо от сигналов на информационных входах.

Микропроцессоры, микропроцессорные системы, программируемые логические контроллеры

Микропроцессор (МП) — это программно-управляемое устройство, осуществляющее процесс обработки цифровой информации и управление им. Основное отличие МП от всех ранее рассмотренных цифровых устройств заключается в способе обработки информации.

В обычных цифровых устройствах — как комбинационных, так и последовательностных — обработка входных сигналов осуществляется аппаратно, за счет схемы соединения различных элементарных элементов — И, ИЛИ, НЕ. В МП процесс обработки информации осуществляется программно, т. е. путем последовательного выполнения элементарных действий — команд программы, и результат обработки определяется этой программой.

Микропроцессорная система (МПС) состоит из микроЭВМ и набора устройств ввода/вывода информации, или внешних устройств (ВУ). ВУ представляют собой последовательные и параллельные порты, к которым подключаются устройства, обеспечивающие вычислительный процесс и связь с оператором (монитор, клавиатура, внешние запоминающие устройства и т.д.).

Структура любой МПС является магистрально-модульной, т. е. она состоит из набора модулей, подключенных к общим магистралям, **называемым шинами**.

Шина — это набор линий связи, по которым передается информация определенного типа, происходит обмен информацией между различными модулями системы.

В состав микроЭВМ кроме микропроцессора (центрального процессорного элемента) входят постоянное запоминающее устройство ПЗУ, оперативное запоминающее устройство ОЗУ и блок интерфейса.

ПЗУ предусмотрено для хранения управляющих программ, исходных данных, необходимых для обработки информации, и полученных результатов.

ОЗУ — для хранения информации, которая может изменяться в процессе работы системы (данные, промежуточные результаты вычислений и программы, исполняемые в текущий момент времени). Весь обмен информацией МП с ВУ осуществляется через блок интерфейса. ВУ передают данные из внешней среды в МП или ОЗУ или получают их из микроЭВМ.

Взаимодействие узлов микроЭВМ между собой осуществляется с помощью **трех шин**: шины адреса (ША), шины данных (ШД) и шины управления (ШУ).

Чтобы МП мог однозначно выбрать нужную ячейку памяти или регистр ВУ, они имеют **адреса**. **Адрес ячейки** (регистра) передается от МП в память или интерфейсный блок по ША.

ШД является двунаправленной, так как передача данных по ней осуществляется как из МП в память и интерфейс, так и в обратном направлении.

ША и ШД состоят из параллельных линий, передача информации по которым осуществляется одновременно для всех линий. Число линий ШД определяется разрядностью МП, а ША — объемом памяти, т.е. разрядностью двоичного кода, необходимого для адресации всех ячеек.

ШУ состоит из отдельных линий, по которым передаются те или иные управляющие сигналы. В основном они передаются из МП в остальные узлы.

ВУ в зависимости от способа передачи информации **разделяются на две большие группы: устройства, обменивающиеся параллельными словами данных** и подключенные соответственно к параллельной шине, **и устройства, обменивающиеся информацией в последовательном коде**, т.е. последовательно, бит за битом, и подключенные к однопроводной шине.

Основными узлами МП являются:

- устройство управления (УУ);
- регистр команд (РК);
- дешифратор команд (ДШК);
- арифметикологическое устройство (АЛУ);
- регистр флажков (РФ);
- набор внутренних регистров, состоящий из адресных регистров (РА) и регистров данных (РД);
- программный счетчик (ПС);
- устройство управления шинами (УУШ).

Координация работы всех узлов в соответствии с выполняемой командой осуществляется тремя узлами: УУ, РК и ДШК. РК обеспечивает хранение команды в течение всего цикла ее исполнения, а ДШК выполняет расшифровку кода этой команды.

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) —

микропроцессорные устройства, предназначенные для управления технологическим процессом. Они представляют собой устройства, предназначенные для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления в реальном времени в соответствии с набором записанных в них программ.

Работа контроллера заключается в выполнении следующих операций:

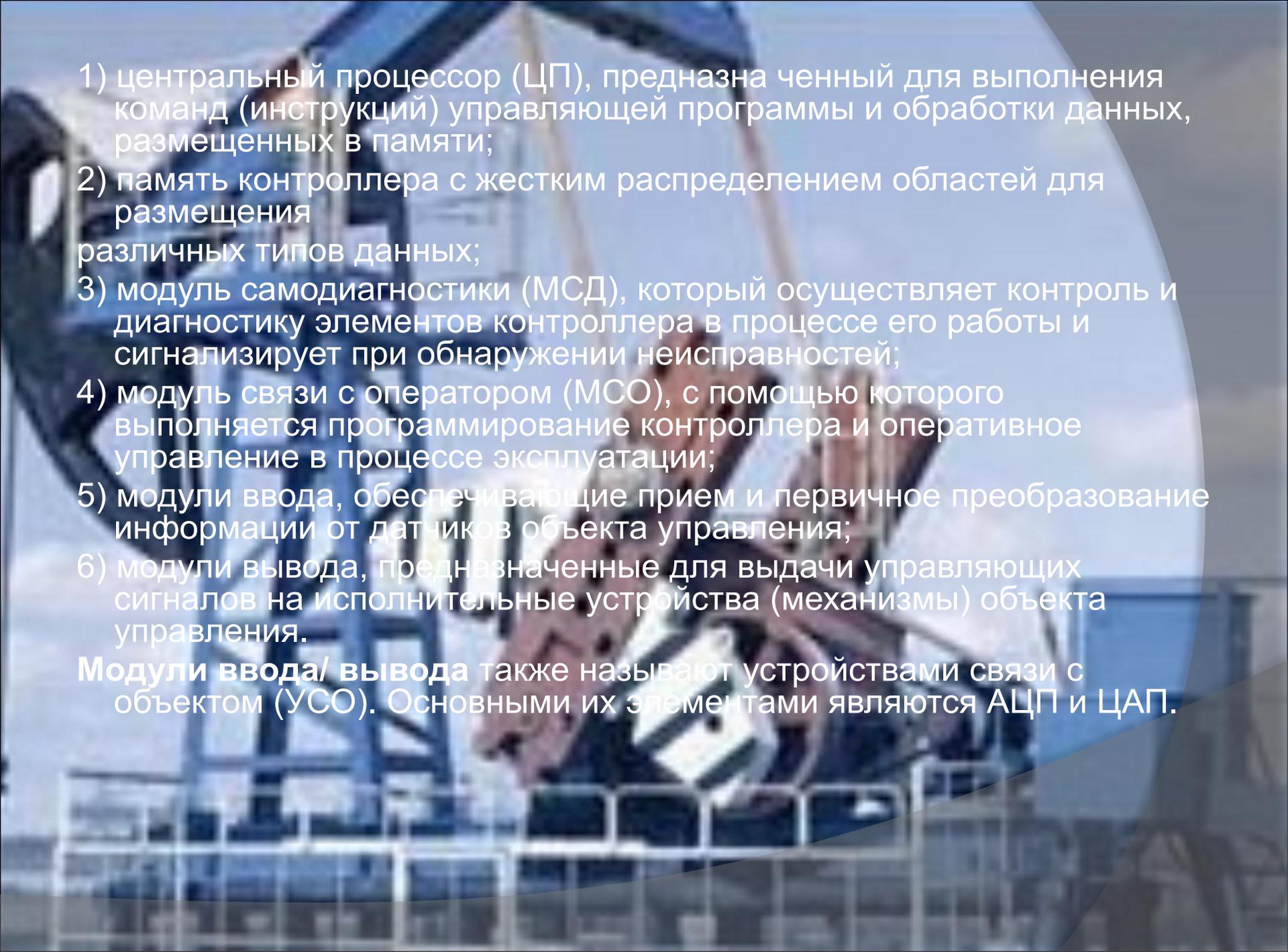
- 1) сбор сигналов с датчиков;
- 2) обработка сигналов согласно алгоритму управления;
- 3) выдача управляющих воздействий на исполнительные устройства.

В нормальном режиме работы контроллер непрерывно выполняет этот цикл с частотой от 50 раз в секунду. Время, затрачиваемое контроллером на выполнение полного цикла, называется **временем (или периодом) сканирования**. В большинстве современных ПЛК сканирование может настраиваться пользователем в диапазоне от 20 до 30 000 миллисекунд.

Для быстрых технологических процессов время сканирования может составлять 20 мс, однако для большинства непрерывных процессов период 100 мс считается вполне приемлемым.

- По функциональным признакам в ПЛК (рис. 12.6) можно выделить следующие элементы:



- 
- 1) центральный процессор (ЦП), предназначенный для выполнения команд (инструкций) управляющей программы и обработки данных, размещенных в памяти;
 - 2) память контроллера с жестким распределением областей для размещения различных типов данных;
 - 3) модуль самодиагностики (МСД), который осуществляет контроль и диагностику элементов контроллера в процессе его работы и сигнализирует при обнаружении неисправностей;
 - 4) модуль связи с оператором (МСО), с помощью которого выполняется программирование контроллера и оперативное управление в процессе эксплуатации;
 - 5) модули ввода, обеспечивающие прием и первичное преобразование информации от датчиков объекта управления;
 - 6) модули вывода, предназначенные для выдачи управляющих сигналов на исполнительные устройства (механизмы) объекта управления.

Модули ввода/ вывода также называют устройствами связи с объектом (УСО). Основными их элементами являются АЦП и ЦАП.

Интерфейс (совокупность технических и программных средств, обеспечивающих взаимодействие различных устройств) задает параметры, процедуры и характеристики взаимодействия контроллера с верхним уровнем АСУ ТП или с другим контроллером в случае распределенной структуры АСУ ТП.

Посредством внутриблочной шины различные блоки ПЛК связываются между собой через общую магистраль.

В составе с другими вспомогательными устройствами контроллеры выполняют различные функции: обработка информации, управление, регулирование, мониторинг, измерение, сигнализация, контроль.

Способы передачи цифровой информации

Передача цифровой информации производится по *различным сетям*. Каждая из сетей имеет свои особенности, назначение и реализуется на определенном типе кабелей. Для подключения к сети все устройства должны иметь платы с соответствующим цифровым стандартом (интерфейс). Для каждого типа интерфейса и вида кабеля существуют ограничения по числу подключаемых устройств, длине кабеля и скорости передачи.

HART-протокол как способ передачи цифровой информации разработан фирмой Rosemount и занимает промежуточное положение между токовым и

чисто цифровым сигналами. Он основан на методе передачи данных с помощью частотной модуляции. На выходной токовый сигнал 4... 20 мА измерительных преобразователей накладываются импульсы переменного тока, причем сигнал с частотой 1 200 Гц соответствует логической единице, а 2 200 Гц логическому нулю (рис. 12.7).



Основное достоинство HART-протокола — возможность одновременного использования аналогового токового и цифрового сигналов в одной паре проводов, что позволяет подключать к одной линии полевые устройства с различным выходом.

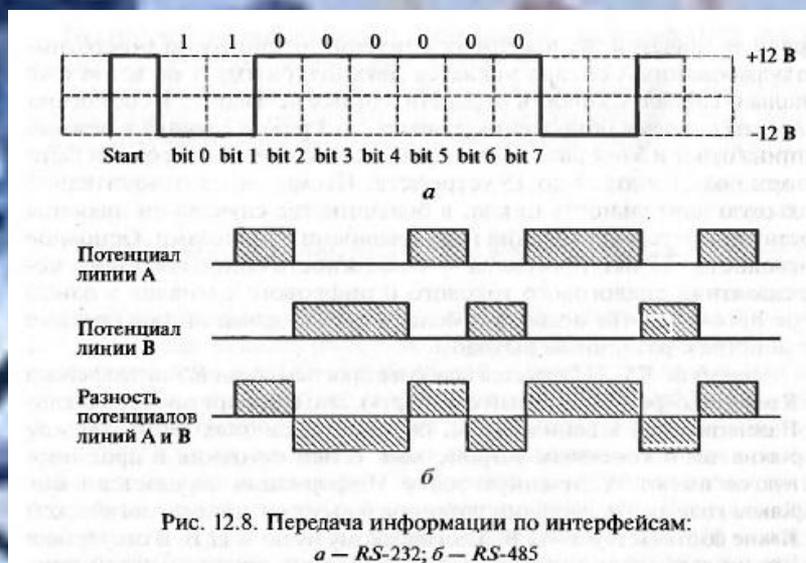
Интерфейс RS-232 является наиболее простым среди RS-интерфейсов (RS означает «рекомендуемый стандарт»). Это стандарт последовательной синхронной и асинхронной передачи двоичных данных между терминалом и конечным устройством. В нем источник и приемник сигналов имеют заземленную точку. Информация передается в инверсном коде двухполярными потенциальными сигналами, логической единице соответствует -12 В, а логическому нулю + 12 В.

В отсутствие передачи данных линия находится в состоянии логической единицы (-12 В). Поток данных передается по одному проводу бит за битом, т.е. передающая сторона по очереди выдает в линию 0 и 1, а принимающая отслеживает их и запоминает. Данные передаются пакетами по одному байту (8 бит). Каждый байт обрамляется **стартовым** и **стоповыми** битами. **Стартовый бит** всегда передается уровнем логического нуля, а стоповый — единицей. Может также присутствовать бит паритета. Его состояние определяется настройками: он может дополнять число единичных битов данных до нечетности, четности. Эта передаваемая последовательность называется **фреймом**. Данные могут передаваться как в одну, так и в другую сторону (дуплексный режим). Скорость передачи данных стандартом не нормируется и может составлять от 110 до 19 200 бит в секунду.

Недостатком этого стандарта является низкая помехозащищенность, что ограничивает длину линии связи до 15 м. Линия связи соединяет источник сигнала с одним приемником. Последней модификацией данного стандарта является модификация E, принятая в 1991 г. Как стандарт EIA/TIA-232E.

Интерфейс RS-485, получивший широкое распространение, обеспечивает передачу информации на расстояние от 120 до 1200 м, при скорости передачи от 100 до 104 бит в секунду (минимальное расстояние соответствует максимальной скорости передачи). В качестве линий связи применяется витая экранированная пара с подключением до 32 устройств со стандартным входным сопротивлением.

Возможно использование оптического кабеля. В основе интерфейса RS-485 лежит принцип дифференциальной передачи данных (рис. 12.8, б).



Суть его заключается в передаче одного сигнала (импульсы напряжения $\pm 1,5$ В) по двум проводам, причем по одному проводу (условно А) идет оригинальный сигнал, а по другому (условно В) — его инверсная копия.