

## 2. Организация ввода-вывода сигналов и данных в ПРК/УВК

### 2.1. Устройства сопряжения с объектом (УСО)

В любой системе управления объект управления (ОУ) является центральным звеном, т.к. именно для обеспечения его работы в оптимальных режимах (или близких к ним), создается система. Поэтому необходимы средства ввода-вывода (ВВ) сигналов и данных, посредством которых осуществляется физическая связь и взаимодействие (рис. 2.1):

- программируемого контроллера (ПРК) с разнообразными внешними устройствами - датчиками (ДЧ), исполнительными механизмами (ИМ) различных типов и т.п.,
- ПРК с другими ПРК и компонентами верхних уровней,
- в автоматизированной системе необходима также связь (интерфейс) с человеком-оператором.

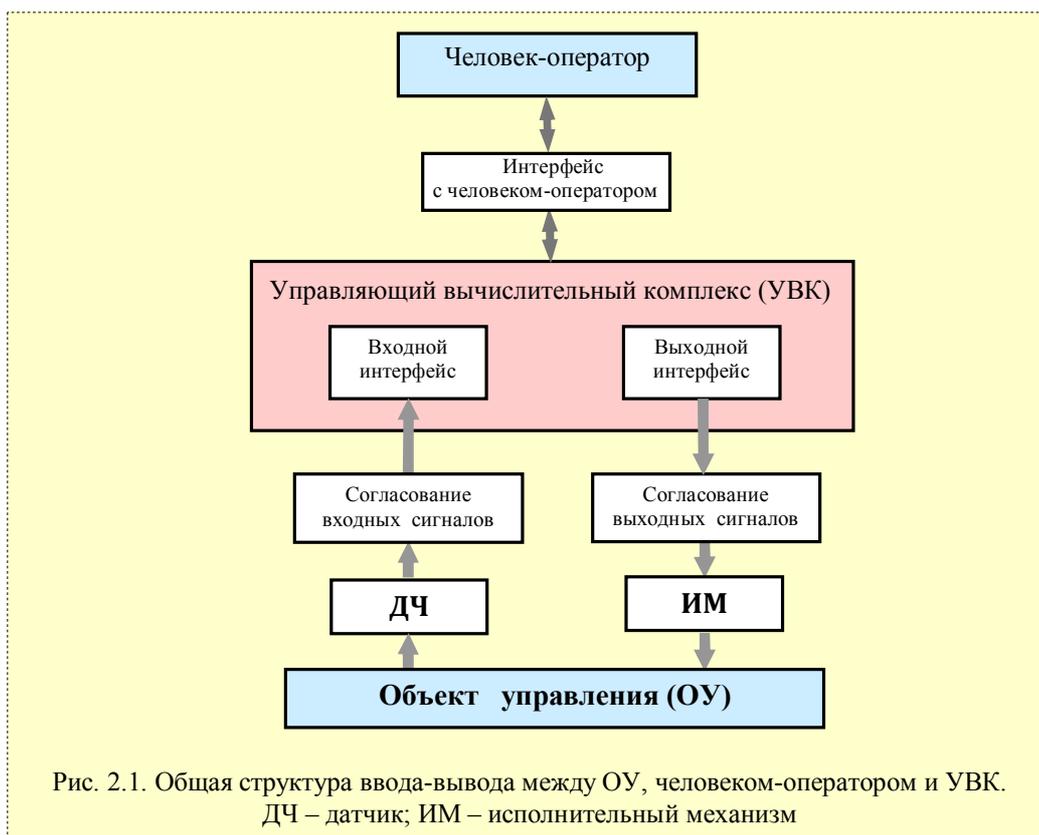


Рис. 2.1. Общая структура ввода-вывода между ОУ, человеком-оператором и УВК.  
ДЧ – датчик; ИМ – исполнительный механизм

Решение задач ВВ сигналов осуществляется с использованием *аппаратных* и *программных* средств и предполагает определенную *предобработку* сигналов, поступающих с ДЧ и на ИМ, а также своевременное преобразование различных типов сигналов в цифровые и наоборот. При этом учитывается, что функционирование перечисленных компонентов основано, как правило, на различных физических принципах, они обладают разным быстродействием, часто сигналы поступают и передаются в произвольные моменты времени (*асинхронно*).

Тем не менее, существует *общность функций* ВВ, стимулировавшая разработку гибких устройств (со встроенными микроконтроллерами МК), *ориентированных* исключительно на ВВ. Они осуществляют:

- *преобразование сигналов* от различных типов ДЧ в цифровую и *ввод* их в МК для дальнейшей обработки в соответствии с тем или иным законом/алгоритмом,
- *преобразование цифровых сигналов* в аналоговую, дискретную или другую форму и *вывод* их в качестве управляющих воздействий на ОУ.

Такие устройства называют *устройствами сопряжения/связи с объектом (УСО)*. Это *функциональные модули*, которые могут представлять собой:

- конструктивно законченное устройство,
- встроенный модуль (например, в ПРК или промышленный компьютер),
- модуль, реализованный на кристалле МК.

Помимо указанных выше функций ряд УСО может выполнять более сложные функции за счет наличия в их составе АЦП, ЦАП, МК и интерфейсов передачи данных.

Для систем с сетевой архитектурой, когда передача-прием сигналов должны осуществляться на значительные расстояния, используются модули УСО, называемые *коммуникационными модулями*.

Одними из основных компонентов УСО являются АЦП и ЦАП, которые в ряде ПРК встроены на кристалле МК. Однако, круг задач, решаемых на основе ПРК, очень широк. Поэтому необходимо иметь определенные знания об основных характеристиках АЦП и ЦАП как встроенных, так и реализованных автономно (в виде отдельных модулей), обеспечивающих заданные характеристики.

Реализация УСО определяется видами сигналов, которыми ПРК должен обмениваться с ОУ.

*Соответствие стандартам* параметров входных и выходных сигналов модулей ВВ упрощает их стыковку с ДЧ и ИМ. Такой подход дает возможность использовать один тип ПРК для управления различными ОУ, меняя лишь состав модулей ВВ и программы управления.

Для ПРК характерно модульное построение УСО, где каждый модуль выполняет определенные функции, например ВВ тех или иных *типов* сигналов, и имеет полный набор средств согласования с интерфейсом ПРК.

Многие параметры, характеризующие реальный ОУ, имеют *аналоговый вид*. Поэтому необходимо организовать взаимодействие с ДЧ, которые могут преобразовывать измеряемые величины в аналоговый вид, а также с ИМ, для которых входными сигналами являются аналоговые.

Ряд параметров ОУ имеет *дискретный характер* (например, сигналы, получаемые от различного рода переключательных устройств, отражающих те или иные состояния или режимы ОУ, а также его отдельных узлов, и др. устройств). В настоящее время значения параметров часто передаются также непосредственно в *цифровом виде*.

#### Основные функции модулей УСО

- преобразование аналоговых сигналов в цифровую форму и ввод их в ПРК;
- преобразование цифровых сигналов в аналоговые сигналы и вывод их из ПРК;
- дискретно-цифровое преобразование сигналов и ввод их в ПРК;
- цифро-дискретное преобразование сигналов и вывод их из ПРК;
- цифро-импульсное преобразование и вывод их из ПРК; ШИМ-модуляция выходного сигнала выполняется программно; как правило, применяется в комплекте с ИМ постоянной скорости;
- гальваническое разделение аналоговых/дискретных/цифровых цепей ввода-вывода.

К модулям связи с человеком-оператором относятся: модули сигнализации отказа; модули индикации; исполнительные модули SCADA-систем и др.

В настоящее время выпускаются *многофункциональные платы* ВВ, которые позволяют решать самый широкий спектр задач цифровой обработки различных типов сигналов самых разнообразных диапазонов. Эти платы могут обеспечивать высокую скорость передачи данных в режиме прямого доступа к памяти. Они содержат многоканальные АЦП/ЦАП, порты дискретного ВВ, таймеры/счетчики, все настройки осуществляются программно: *изменение коэффициента усиления, частоты и периодичности сканирования каналов, синхронизация данных* и др.

Наличие OPC-сервера (OPC - OLE for Process Control) обеспечивает возможность быстрой интеграции платы с любой современной SCADA-системой.

Для удобства подключения источников сигналов к платам предлагается огромная номенклатура внешних дочерних плат. На них установлены винтовые клеммные колодки и имеется место для дополнительных элементов, таких как делители напряжения, низкочастотные фильтры и т.д.

Например, модули UNIO96/48-5 (фирма *Fastwel*) предназначены для *ввода-вывода* 96/48 сигналов логического уровня (5 В, ТТЛ). В них используются программируемые логические микросхемы (FPGA) и технология *программирования в системе*, что позволяет изменять алгоритм работы модулей непосредственно в системе без выключения питания.

Модули УСО, содержащие свой МК, называют *интеллектуальными*, т.к. они существенно расширяют возможности УСО по предобработке входных сигналов, позволяют значительно сократить затраты времени ЦП и повысить производительность системы.

Далее будем использовать следующую интерпретацию типов сигналов:

- *аналоговый сигнал* — его информационные параметры могут принимать в определенных пределах любые значения (*непрерывная шкала*);

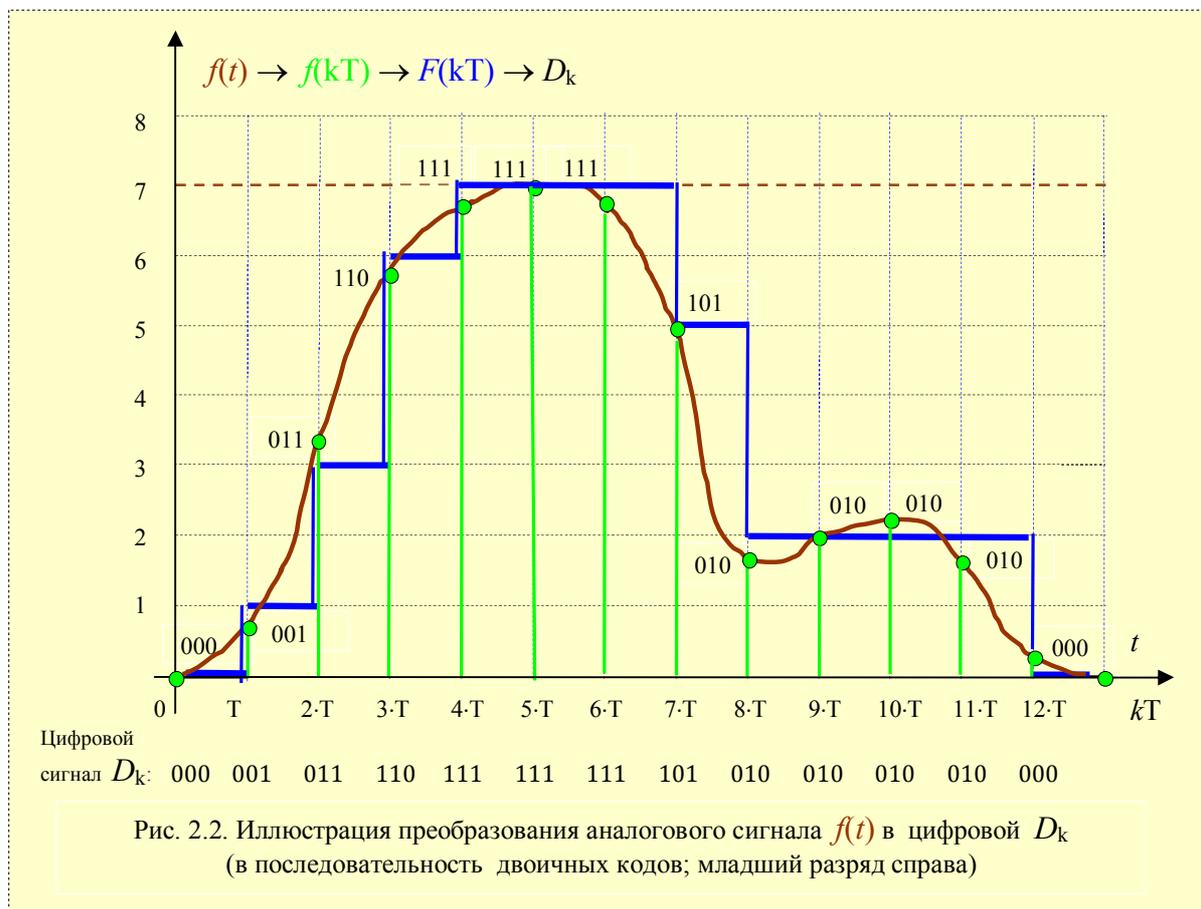
- *дискретный сигнал* — его информационные параметры могут принимать только некоторые (из конечной совокупности) значения; если не оговорено другое, только два значения/уровня: *высокий уровень/логическая единица, низкий уровень/логический ноль*;

- *цифровой сигнал* — дискретный сигнал, в котором значениям параметра соответствуют определенные кодовые слова — как правило, *двоичные коды*.

## 2.2. Аналого-цифровое преобразование

Основная задача - обеспечить цифровое представление аналогового сигнала, а основным компонентом является аналого-цифровой преобразователь (АЦП), устанавливающий соответствие между входным аналоговым сигналом (обычно напряжением или током) и выходным двоичным кодом  $D$ . Входной сигнал может принимать неограниченное число значений в пределах диапазона изменения от  $U_{\min}$  до  $U_{\max}$ . Число различных значений цифрового кода  $N$  определяется разрядностью АЦП:  $N=2^n$ , где  $n$  - число разрядов.

АЦ-преобразование осуществляется с использованием нескольких процедур: *дискретизации по времени, квантования по уровню, кодирования* (рис. 2.2).



*Дискретизация по времени* заключается в выборке значений непрерывного сигнала  $f(t)$  в дискретные моменты времени. Сигнал, дискретизированный только по времени, называют *дискретным*, он еще не пригоден для обработки в МП/МК, т.к. представляет собой последовательность, элементы которой  $\{f(kT)\}$ ,  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ , в точности равны соответствующим значениям исходного непрерывного сигнала, однако только в дискретные моменты времени. Такую функцию называют *функцией дискретного аргумента* или *решетчатой функцией*.

*Квантование по уровню* обусловлено тем, что любой МК оперирует только числами, имеющими *конечное число разрядов*. Таким образом, *квантование* – это *округление* представленных значений с заданной точностью - до единицы *младшего* значащего разряда (МЗР). Результатом квантования является последовательность  $\{F(kT)\}$ ,  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ , элементы которой представляют собой округленные значения элементов последовательности  $\{f(kT)\}$ .

*Кодирование* – это представление округленных квантованных значений в двоичной системе счисления. Результатом кодирования является последовательность двоичных чисел  $\{D_k\}$ ,  $k=0,1,2,\dots$ , которыми представлены элементы последовательности  $\{F(kT)\}$ .

Правильный выбор шагов дискретизации по времени и по уровню очень важен. Чем меньше шаг дискретизации по времени, тем точнее дискретизированный сигнал соответствует исходному. Однако *при его уменьшении* возрастает число отсчетов, и для сохранения общего времени обработки сигнала неизменным, необходимо увеличивать скорость обработки, что не всегда возможно.

При уменьшении *шага квантования* по уровню требуется большее число разрядов, вследствие чего возрастает сложность аппаратуры (разрядность регистров и т.д.).

На практике рассмотренным выше процедурам преобразования аналоговых сигналов в цифровые должна предшествовать определенная *предобработка* (операции, осуществляемые как аппаратно, так и программно), например (*рис. 2.3*):

- *нормализация* сигнала, т.е. приведение границ шкалы первичного непрерывного сигнала к одному из стандартных диапазонов входных сигналов АЦП (операции смещения нуля, усиления/ослабления и др.);
- предварительная *низкочастотная фильтрация* входного сигнала – ограничение полосы частот первичного непрерывного сигнала с целью снижения влияния помех различного происхождения;
- обеспечение *гальванической изоляции* между источниками сигнала и каналами системы (наиболее распространены *трансформаторная и оптронная*).

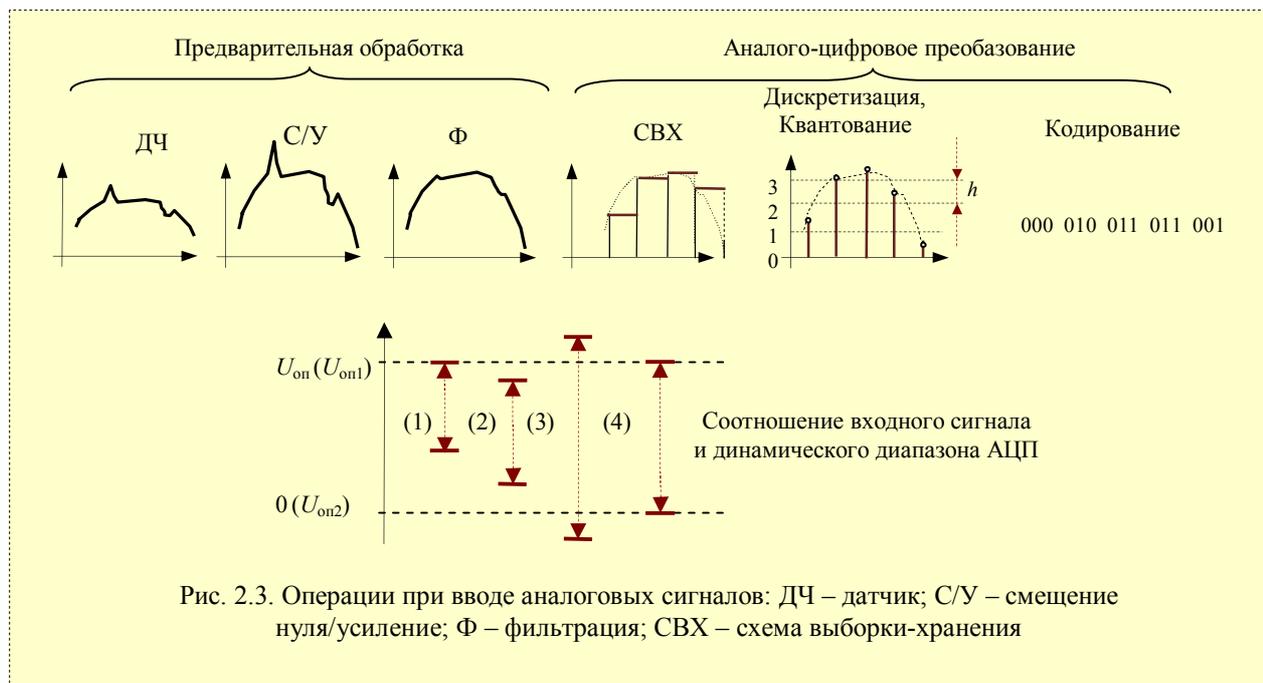


Рис. 2.3. Операции при вводе аналоговых сигналов: ДЧ – датчик; С/У – смещение нуля/усиление; Ф – фильтрация; СВХ – схема выборки-хранения

В некоторых ПРК встроены аналогового ввода и вывода, содержащие специальные процедуры такого рода. На *рис. 2.3* показаны возможные соотношения динамического диапазона АЦП (от 0 до  $U_{оп}$  или от  $U_{он1}$  до  $U_{он2}$ ) и входного сигнала. В случаях (1) и (2) входной сигнал меньше динамического диапазона, поэтому АЦП будет работать правильно, но не будет использовать всех своих возможностей. В случае (3) входной сигнал слишком большой, поэтому часть его значений не будет преобразована. Только в случае (4) АЦП действительно будет работать как  $n$ -разрядный и преобразовывать все значения входного сигнала.

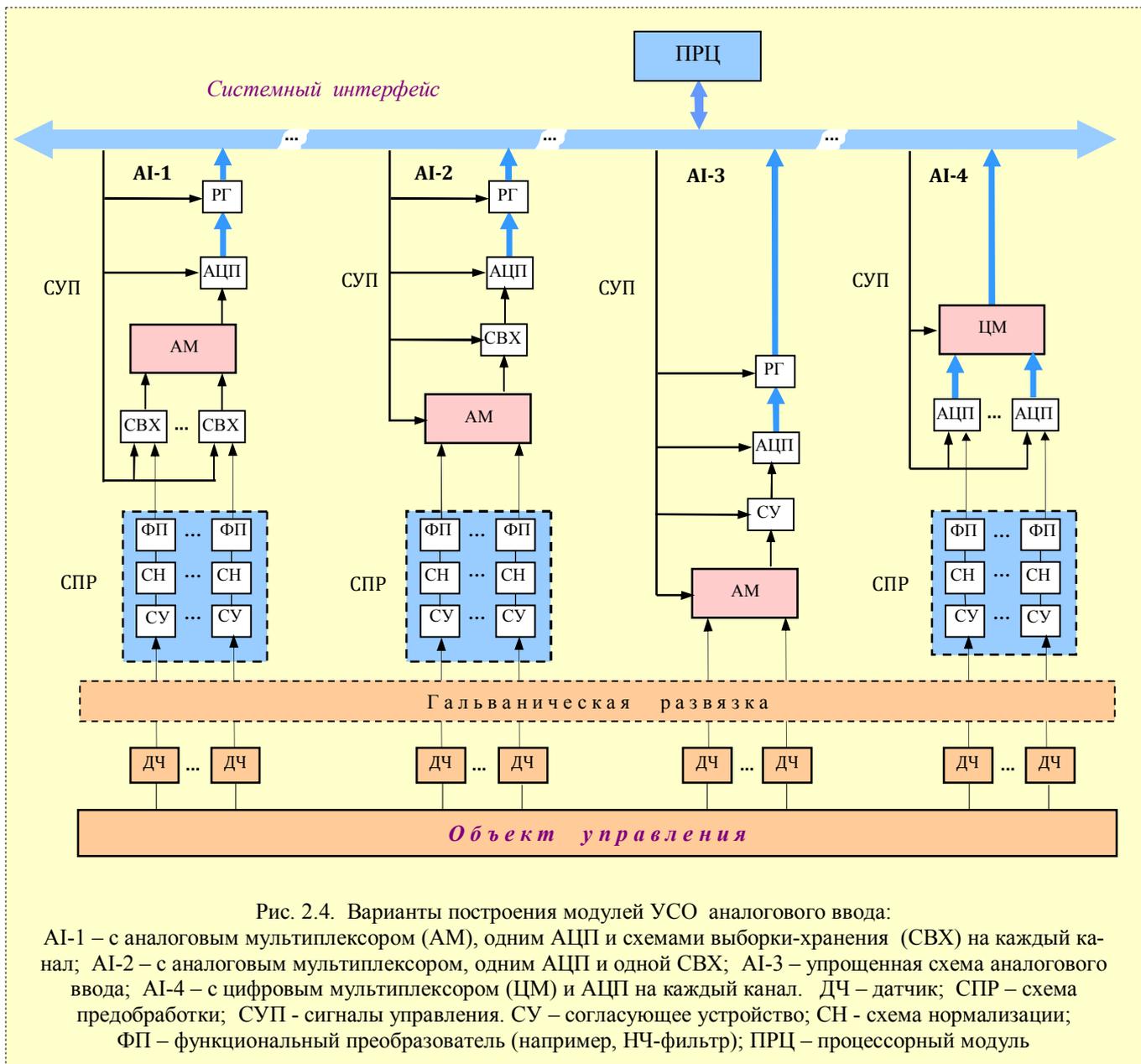
Для согласования входного сигнала с динамическим диапазоном АЦП можно применять усилители, аттенюаторы, схемы сдвига. В некоторых случаях согласование может быть достигнуто простым выбором величин  $U_{оп}$ . В некоторых ПРК эта задача решается программно.

## 2.3. Типовые структуры аналого-цифровых каналов ввода-вывода (рис. 2.4)

### Каналы ввода аналоговых сигналов

Типы и диапазоны входных аналоговых сигналов в промышленности весьма разнообразны: *по напряжению* 0...5 В; -5...+5 В; 0...10 В и др; *по току* 0-5 мА, 0-20 мА; 4-20 мА и др. Например, для ПРК КРОСС сигнал на входе АЦП должен быть в диапазоне 0...2 В. Поэтому *аналоговые входы* УСО должны иметь различные *параметры и возможности*: разрядность АЦП; диапазон входного сигнала; время и метод преобразования; уровень шума и нелинейность; возможность автоматической калибровки; программная или аппаратная регулировка коэффициента усиления; фильтрация и др.

Контролируемый параметр с помощью соответствующего ДЧ преобразуется в электрический сигнал. Если этот сигнал недостаточен для последующей обработки, то он усиливается до необходимого уровня. Далее с помощью фильтров из сигнала удаляются нежелательные НЧ- или ВЧ-составляющие (*фильтрация*). Отфильтрованный сигнал поступает непосредственно или же через аналоговый мультиплексор на СВХ.



Подобные структуры могут содержать:

- **процессор (ПРЦ)** для преобработки сигналов в цифровом виде (фильтрация и т.д.) и выполнения общего алгоритма системы управления;
- **согласующее устройство** – обеспечивает необходимое соотношение выходного сопротивления датчика и входного сопротивления последующих схем, а также уровень токов и напряжений; может использоваться для усиления слабых сигналов (например, для датчиков температуры);
- **нормализаторы уровней** сигналов – обеспечивают приведение входного аналогового сигнала к определенному диапазону напряжений, необходимому для работы АЦП, например, для преобразования тока в напряжение, фильтрации и усиления аналогового сигнала, смещения начального значения диапазона входных сигналов, согласования высокоуровневых входных и выходных дискретных сигналов от ОУ с сигналами ПРЦ и обеспечивающие непосредственное подключение ДЧ, двигателей и т.д.;
- **функциональный преобразователь** – может выполнять такие операции, как фильтрация, интегрирование или дифференцирование сигналов;
- **элементы гальванического разделения** цепей связи с ДЧ и ИМ - для обеспечения требований безопасности и подавления помех в условиях промышленной эксплуатации.

При вводе аналоговых сигналов необходимо учитывать, что многие ДЧ имеют большое выходное сопротивление и малый динамический диапазон, поэтому требуется *согласование* параметров выхода ДЧ с параметрами входных цепей обработки. Например, максимальное значение сигнала с ДЧ равно 10 мВ, а требуемый динамический диапазон входа АЦП 10 В, могут быть заданы также и другие требования. Согласование в этом случае может быть осуществлено с помощью операционного усилителя постоянного тока.

Некоторые ДЧ имеют характеристики, значительно отличающиеся от линейных, поэтому необходима коррекция сигнала (выхода) ДЧ (такое функциональное преобразование называют линеаризацией).

Приведение границ шкалы первичного непрерывного сигнала к одному из стандартных диапазонов входного сигнала АЦП обеспечивает более высокое качество (точность) преобразования сигналов.

В некоторых ПРК согласование динамических диапазонов датчиков и АЦП осуществляется программно – с помощью встроенных алгоритмов, позволяющих корректировать диапазон входного аналогового сигнала в двух точках, соответственно 0 и 100 % диапазона. К входному аналоговому сигналу добавляется сигнал смещения  $X_{см}$ , полученная сумма умножается на коэффициент масштабирования  $K_M$ . Это позволяет компенсировать смещение нуля и диапазона как АЦП, так и датчика, подключенного к ПРК. Значение преобразованного по такой схеме сигнала  $Y$  определяется следующим соотношением:

$$Y = (X_{ан.вх.} + X_{см.}) \cdot K_M, \text{ где } X_{ан.вх.} - \text{аналоговый входной сигнал, поступающий на АЦП.}$$

Если коррекция не требуется, устанавливается  $X_{см,i}=0$ ;  $K_{M,i}=1$ , т.е.  $Y=X_{ан.вх.}$ .

Схема АИ-1 представляет собой многоканальный модуль ввода (с параллельными аналоговыми входами). Она обладает наиболее высокими техническими характеристиками. Производительность такой схемы находится в прямой зависимости от быстродействия АЦП и ограничена его динамическими параметрами. Поэтому в подобных схемах применяют АЦП с максимальным быстродействием. АЦП функционирует в режиме разделения времени - под воздействием сигналов управления от ПРЦ в каждый момент времени сигнал с одного из ДЧ коммутируется на вход АЦП и преобразуется в цифровой код, считываемый в ПРЦ. Высокая точность фиксации сигналов и преобразования достигается за счет индивидуального блока квантования по времени и фиксации на основе схемы выборки хранения (СВХ), а также полного уникального набора устройств согласования и нормализации аналоговых сигналов в каждом канале.

Схема с последовательным аналоговым вводом АИ-2 обладает характеристиками, идентичными схеме с параллельными аналоговыми входами. Аппаратурные затраты на реализацию схемы меньше за счет применения одной СВХ, работающей в режиме разделения времени, как и АЦП. Но при этом может ухудшиться качество фиксации сигналов за счет усредненных параметров СВХ.

Схема АИ-3 является наиболее простой в смысле аппаратной реализации и управления работой, но обеспечивает относительно низкое качество фиксации и преобразования сигналов. Использование такой структуры оправдано при наличии группы датчиков с идентичными параметрами выходных сигналов.

Наиболее дорогостоящей является схема с параллельными цифровыми входами АИ-4. Высокая точность преобразования достигается за счет применения индивидуального АЦП в каждом канале ввода. Многоуровневый цифровой мультиплексор обеспечивает коммутацию выходных цифровых кодов АЦП на общую шину данных процессора.

### *Каналы вывода аналоговых сигналов (рис. 2.5)*

В УСО вывода аналоговых сигналов СВХ необходимы для сглаживания воздействия импульсных сигналов с выхода ЦАП на аналоговые элементы ОУ; используются также аналоговые и цифровые коммутаторы (демультиплексоры), и др. компоненты.

В некоторых ПРК согласование динамических диапазонов цифровых выходов ПРК и входов ЦАП (соответственно, и исполнительных механизмов) осуществляется программно. Имеются библиотечные функциональные блоки, обеспечивающие связь функциональных алгоритмов с аппаратными средствами аналогового вывода (с ЦАП). Они позволяют корректировать диапазон выходного аналогового сигнала в двух точках, соответственно 0 и 100 % диапазона.

Прежде чем поступить на аналоговый выход, входной сигнал умножается на коэффициент и к полученному произведению добавляется сигнал смещения. Эти операции позволяют компенсировать смещение диапазона и нуля ЦАП.

Значение преобразованного по такой схеме сигнала  $Y_{ан.вых}$  определяется следующим соотношением:

$$Y_{ан.вых} = X \cdot K_M + X_{см.}, \text{ где } X_{ан.вых} - \text{аналоговый выходной сигнал, поступающий с ЦАП.}$$

Если коррекция не требуется, устанавливается  $X_{см.}=0$ ;  $K_M=1$ , т.е.  $Y=X_{ан.вых.}$ .

В подсистемах вывода возможна установка дополнительных элементов, аппаратно реализующих простейшие дополнительные функции (управления): - выдать сигнал в виде импульса с определенными характеристиками, - выдать заданное число импульсов, - осуществить задержку сигнала, - обеспечить взаимную блокировку сигналов и т.д.

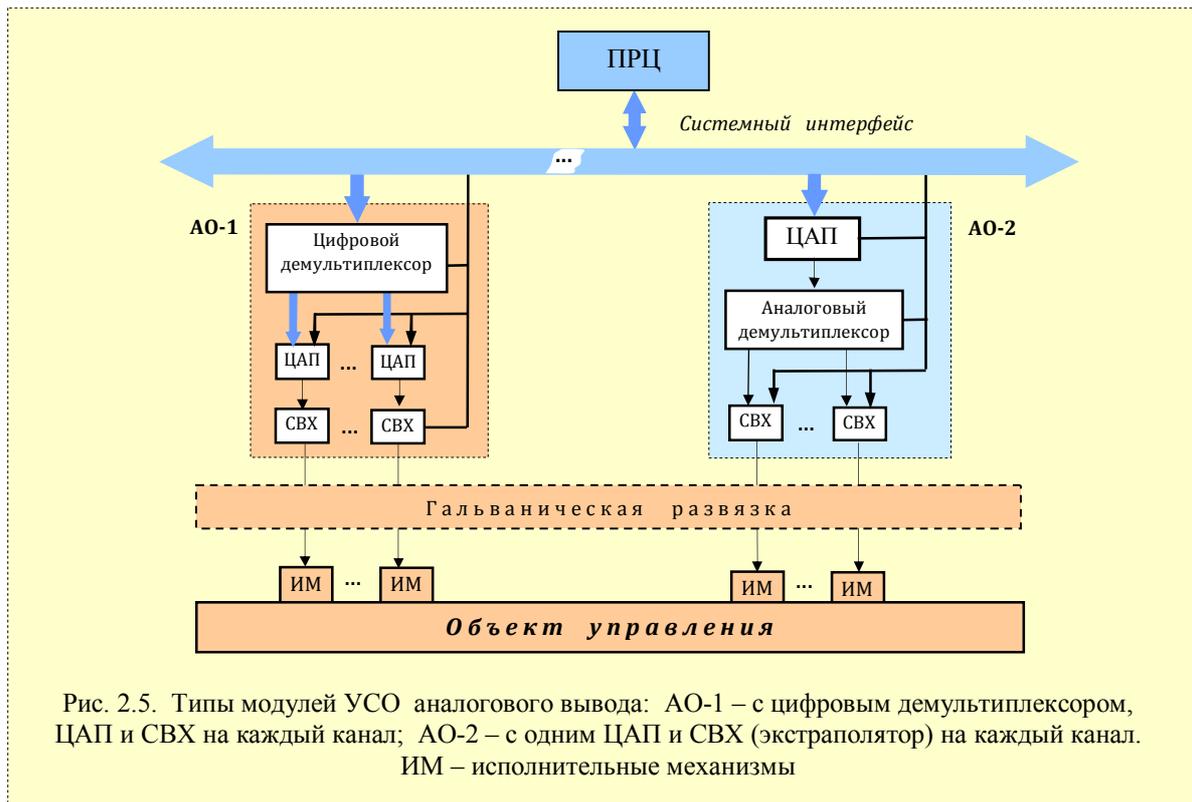


Схема **АО-1** с параллельными ЦАП является более дорогостоящей, но обеспечивает высокую точность формирования выходных сигналов за счет возможности индивидуального подбора характеристик каждого ЦАП. Цифровой демультиплексор обеспечивает сопряжения параллельных цифровых входных линий каждого ЦАП с шиной данных ПРЦ. Блоки ЦАП в данном случае должны иметь встроенные средства фиксации цифрового кода на весь период дискретности. В качестве таких средств используют параллельные регистры

Схема с последовательным преобразованием **АО-2** значительно дешевле за счет использования единственного ЦАП в режиме разделения времени. Однако в состав схемы должны входить средства фиксации и сглаживания аналоговых сигналов на основе экстраполяторов или СВХ, которые обеспечивают постоянство уровня выходного аналогового сигнала на каждой линии в течение всего периода дискретности, пока ЦАП обслуживает другие каналы.

Выделяют 3 основных класса ДЧ:

- *аналоговые* – вырабатывают аналоговый сигнал;
- *цифровые* – генерируют последовательность импульсов или двоичное слово;
- *дискретные/бинарные* – вырабатывают сигнал только двух уровней (вкл/выкл; 0/1).

#### 2.4. Ввод-вывод дискретных сигналов

*Дискретные сигналы* – в данном случае это сигналы, которые могут принимать только одно из двух значений, характеризующих состояние ОУ (высокий или низкий уровень напряжения, тока; состояния контактов «замкнуто - разомкнуто»). Модули ввода-вывода (ВВ) дискретных сигналов представляют собой УСО и служат для приема, *дискретно-цифрового* преобразования (ДЦП) входных сигналов, а также для формирования выходных сигналов с помощью *цифро-дискретных* преобразователей (ЦДП).

*Основные характеристики каналов ВВ дискретных сигналов:* тип канала дискретного *вывода* – релейный («сухой контакт») или транзисторный вывод («открытый коллектор»); уровень сигнала (TTL-совместимые или нет); напряжение гальванической изоляции; напряжение канала дискретного ввода или вывода; выходной ток канала дискретного вывода; - индикация состояния канала и др.

Модули ВВ устанавливаются в разном составе и количестве в зависимости от требуемой конфигурации. Так достигается минимальная аппаратная избыточность. На уровне модулей дискретного ВВ реализуются *функции текущего контроля и защиты*.

На уровне *входов* используются средства для слежения за напряжением питания ДЧ, подключенных к модулю. Если напряжение питания ДЧ ниже/равно определенному пределу, об этом сообщается с помощью: включения индикаторной лампы на модуле, бита ошибки канала или бита ошибки в слове состояния модуля.

На уровне *выходов* реализуются следующие функции: текущий контроль напряжения питания ИМ; напряжение питания должно находиться на уровне, достаточном для нормальной работы модулей дискретного вывода; если оно меньше критического порога, эти выходы устанавливаются в «0» и неисправность индицируется включением индикаторной лампы на модуле, битом ошибки канала или ошибки в слове состояния модуля; защита от коротких замыканий и перегрузок; при возникновении подобной ситуации питание с соответствующего канала снимается, что индицируется рассмотренным выше способом; защита против изменения полярности и скачков напряжения; защита контактов выходных реле и др.

### Ввод дискретных сигналов

При вводе дискретных сигналов необходимо их привести к интерфейсным уровням напряжений логического нуля и логической единицы. Для этого используются преобразователи уровней, компараторы, схемы защиты от дребезга механических контактов.

Ввод информации с кодовых ДЧ, в некоторых случаях требует установки в УСО схем преобразования кодов (например, преобразователей кода Грея в двоичный код).

Таким образом, для сопряжения этих сигналов с ПРК необходимо их преобразовать в стандартные уровни. Например, если это ТТЛ-уровни, то нулю соответствует уровень напряжения 0...0,4 В, а единице – 2,5...5 В.

Основная функция УСО дискретного ввода - восприятие событий, возникающих в процессе управления (рис. 2.6). Обычно эти события имеют характер “да-нет” или же преобразуются в двоичный код с помощью соответствующих устройств. С функциями УСО дискретного ввода связаны две основные характеристики: *форма входного сигнала* (в виде напряжения, силы тока или изменения сопротивления) и *параметр сигнала*, представляющий интерес при контроле состояния процесса (наличие сигнала, его длительность или число событий, возникающих за определенный период времени).

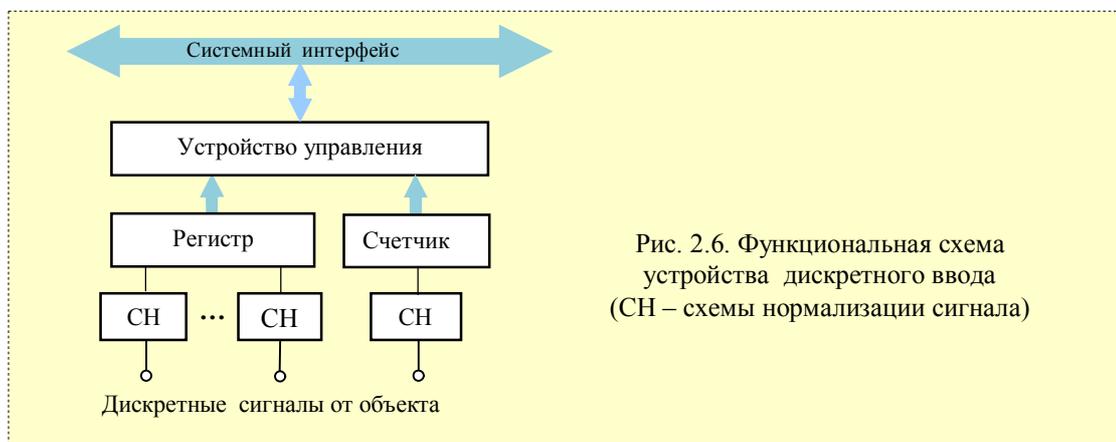


Рис. 2.6. Функциональная схема устройства дискретного ввода (СН – схемы нормализации сигнала)

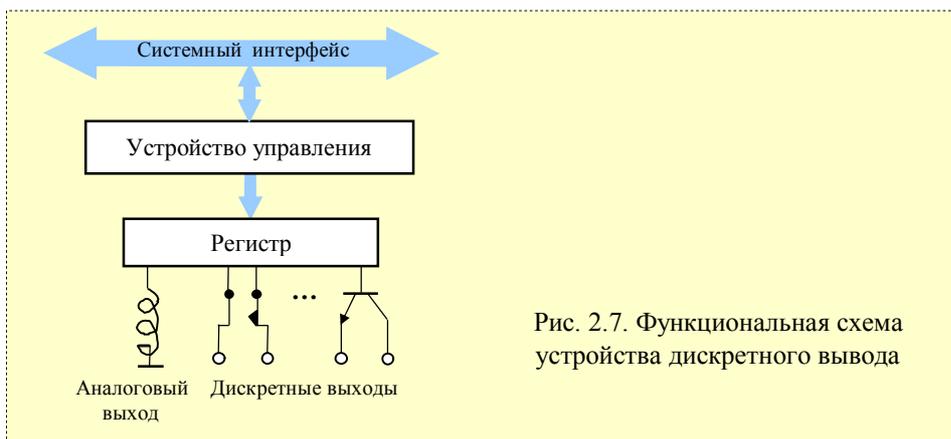


Рис. 2.7. Функциональная схема устройства дискретного вывода

Поэтому для выполнения своей основной функции УСО должно содержать большое число разнообразных модулей, воспринимающих сигналы различной формы, связанные с двоичными параметрами процесса управления.

Связь модуля УСО с МК осуществляется непосредственно или с помощью интерфейсов.

Схемы нормализации (СН) сигнала преобразуют входные сигналы, представленные в виде тока или положения переключателя, в сигналы напряжения и содержат помехозащитную пороговую схему, выходное напряжение которой соответствует логической 1, если входное напряжение превышает некоторый порог. Устройство управления обеспечивает связь с микропроцессором и формирование внутренних управляющих сигналов.

*Дискретные входы* могут быть сконфигурированы, как:

- нормальные дискретные входы (заданная по умолчанию конфигурация); - запирающиеся входы; - вызванные событием входы; - входы прямого, обратного или реверсивного счетчика; - вход Run/Stop; - управляющий вход для передачи данных из RAM во Flash-память.

*Запирающиеся входы* используются, чтобы обеспечить принятие особенно коротких импульсов, длительность которых меньше, чем время рабочего цикла ПРК. Функция «защелки» воспринимает импульс так, чтобы он мог быть обработан в течение следующего цикла без прерывания цикла работы ПРК.

Принцип *управления по событиям* позволяет событиям, сгенерированным различными источниками, быть учтенными и обработанными максимально быстро (например, превышение пороговых значений на счетных модулях и т.п.).

Появление управляющего события вызывает прерывание выполняемого приложения и приводит к выполнению действий, связанных с данным каналом. В том случае, если событие происходит в момент обработки другого события с равным или более высоким приоритетом, оно запоминается в стеке и будет обработано по окончании обработки предыдущего.

*Подсчет импульсов на дискретных входах* позволяет использовать их для организации счетчиков трех типов: *прямого, обратного и реверсивного*. Максимальная частота такого счетчика обычно ограничена 500 Гц для входов 24 В постоянного тока (VDC). Возможно использование для выполнения счетных функций и входов 110/120 переменного тока (VAC), однако частота при этом ограничена 20 Гц. Для подсчета импульсов более высокой частоты обычно используют специальные счетные модули.

*Функция Run/Stop* используется для того, чтобы запустить или остановить выполнение прикладной программы при помощи специально сконфигурированного дискретного входа. Сигнал, поступающий с этого входа, имеет приоритет над сигналами, поступающими с программируемого терминала или по сети.

*Функция передачи данных из RAM во Flash-память* обеспечивает пересылку прикладной программы и внутренних слов ПРК из внутренней оперативной памяти во внутреннюю Flash-память.

### *Вывод дискретных сигналов*

Дискретные сигналы могут поступать на ИМ в виде сигналов тока или напряжения, срабатывания полупроводникового ключа или замыкания контактов реле. В модулях УСО предусматривают также защиту выходных цепей от перегрузки по току, от перенапряжений и от попадания силовой цепи на цепи УСО (*гальваническую развязку*).

В схемах УСО при выводе *управляющих сигналов* возможна установка дополнительных элементов, аппаратно реализующих простейшие функции управления: 1) выдать сигнал в виде импульса с определенными характеристиками, 2) выдать заданное число импульсов, 3) осуществить задержку сигнала, 4) обеспечить взаимную блокировку сигналов и т.д.

Общая структура устройства *вывода дискретных сигналов* приведена на *рис. 2.7*. Его основная функция – *функция ключа*, который может управлять источником напряжения или тока с целью передачи в нагрузку сигнала в виде уровня напряжения или силы тока. Обычно каждый двоичный разряд выходных данных имеет самостоятельный смысл, т.е. каждый бит выходного слова может использоваться для управления каким-либо параметром ОУ независимо.

Выбор *типа ключа* определяется значением коммутируемой мощности и скорости переключения:

- *электромеханические реле* для управления сигналами средней и большой мощности при низких скоростях переключения (*полная гальваническая развязка*);

- *полупроводниковые ключи* более надежны, используются для коммутации цепей переменного тока средней и большой мощности;

- *полевые транзисторы с V-структурой* обладают практически совершенными переключающими характеристиками. Их отличают низкий входной управляющий ток, высокая частота переключения и значительные выходные токи.

Некоторые ИМ, например, шаговый двигатель, управляются не аналоговой электрической величиной, а электрическими импульсами. При этом устройство вывода вырабатывает последовательность управляющих электрических импульсов, количество и параметры которых задаются программой в ПРК.

## 2.5. Модули ввода-вывода специального назначения

Кроме “классических” дискретных и аналоговых некоторые ПРК имеют входы-выходы, ориентированные на работу со специфическими ДЧ, требующими определенных уровней сигналов, питания и специальной обработки, т.е. являются **специализированными**. Входы-выходы ПРК не обязательно должны быть физически сосредоточены в общем корпусе с процессорным ядром. Все большее распространение приобретают технические решения, позволяющие полностью отказаться от прокладки кабелей для аналоговых цепей. Входы-выходы выполняются в виде миниатюрных модулей, расположенных в непосредственной близости от ДЧ и ИМ. Соединение подсистемы ввода-вывода с ПРК выполняется посредством одного общего **цифрового** кабеля. Существуют модули УСО, работающие только с цифровой информацией. В частности, к ним относятся **коммуникационные** модули, обеспечивающие сетевое взаимодействие (например, повторители для увеличения протяженности линии связи, преобразователи интерфейсов RS-232/RS-485).

Номенклатура специальных модулей обширна, поэтому отметим только некоторые из них.

**Модуль позиционирования** - используется при автоматизации процессов перемещения изделий; например, осуществляет управление шаговым двигателем через силовую секцию, при этом *количество импульсов определяет длину пути, а частота их следования – скорость перемещения*.

**Модуль счетчиков** (СЧ) - для счета импульсов большой частоты (несколько кГц и более), когда применение модулей дискретного ввода нецелесообразно. А также подсчет импульсов; сравнение содержимого СЧ с заданными величинами. СЧ работают в следующих режимах: *бесконечный счет, одиночный цикл, периодический счет, измерение частоты и длительности периода*.

**Модули памяти** – представляют собой встраиваемые платы различного стандарта *шин расширения*: ISA, PCI, CompactPCI и др.

**Вычислительные модули** – реализуют различные вычислительные функции контроля и управления (формирование алгоритмов ПИД-регулирования, нечеткого и адаптивного управления, нейросетевого управления; статистический контроль и др.).

**Диагностические модули** – для непрерывного контроля состояния технических средств, в том числе интеллектуальных первичных преобразователей, ИМ, сетей, ПРК, а также программы контроля и управления процессом. Состояние (статус) устройства индицируется на передней панели модуля и передается по сети на дисплей операторской станции.

**Модули энкодера** – датчики угла поворота, реализуют также дополнительные функции:

- измерение длительности и частоты импульсов;
- счет на базе счетчиков сигналов с дифференциальными или TTL-уровнями сигналов;
- измерение скорости и пр.

**Модули технического зрения** – для обработки входных сигналов от телевизионных датчиков различного назначения.

**Модули мезонинных плат** – для повышения функциональных возможностей базовой платы, устанавливаются на базовой плате, **используют источники питания базовой платы**. Они позволяют за счет компактности размещения достигнуть экономии габаритов модуля.