

Прочитайте и запишите конспект в тетрадь.

Тема: 3.1 Программируемые логические контроллеры (ПЛК)

Введение в ПЛК: что такое программируемый логический контроллер

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) широко применяются в сфере промышленной автоматизации разнообразных технологических процессов на больших и малых предприятиях. Их применение значительно упрощает создание и эксплуатацию как сложных автоматизированных систем, так и отдельных устройств, в том числе — бытового назначения.

Достоинства ПЛК:

- позволяет сократить этап разработки,
- упрощает процесс монтажа и отладки за счет стандартизации отдельных аппаратных и программных компонентов,
- обеспечивает повышенную надежность в процессе эксплуатации,
- удобный ремонт и модернизация при необходимости.

Задача создания прообраза современного ПЛК возникла в конце 60-х годов прошлого столетия.

В 1968 году она была сформулирована руководящими специалистами General Motors.

Эта компания пыталась найти замену для сложной релейной системы управления.

Согласно полученному заданию на проектирование, новая система управления должна была отвечать **критериям:**

- простое и удобное создание технологических программ;
- возможность изменения рабочей управляющей программы без вмешательства в саму систему;
- простое и недорогое обслуживание;
- повышенная надежность при сниженной стоимости, в сравнении с подобными релейными системами.

Последующие разработки в General Motors, Allen-Bradley и других компаниях привели к созданию системы управления на базе микроконтроллеров, которая анализировала входные сигналы от технологических датчиков и управляла электроприводами исполнительных устройств.

Термин ПЛК (Programmable Logic Controller, PLC) впоследствии был определен в стандартах EN 61131 (МЭК 61131).

ПЛК – это унифицированная цифровая управляющая электронная система, специально разработанная для использования в производственных условиях.

ПЛК постоянно контролирует состояние устройств ввода и принимает решения на основе пользовательской программы для управления состоянием выходных устройств.

Упрощенное представление состава и принципа действия ПЛК хорошо демонстрирует рисунок 1. Из него видно, что ПЛК имеет три основные секции:

- входную;
- выходную;
- центральную.

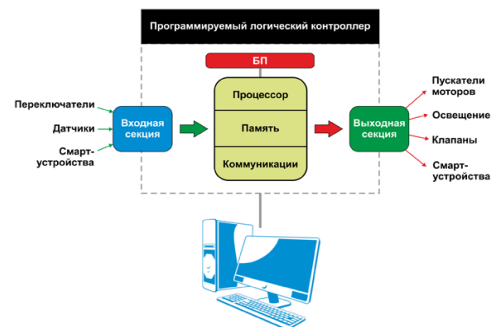
Имеется еще источник питания. Возможно подключение к ПЛК внешнего ПК для программирования и отладки.

Рис. 1. Состав и принцип действия ПЛК

Центральная секция содержит центральный процессор (ЦП), память и систему коммуникаций.

Она **выполняет:**

- обработку данных,
- принимаемых от входной секции данных,
- передает результаты обработки в выходную секцию.



В больших ПЛК, кроме ЦП, действующего в режиме «ведущий», могут быть дополнительные «ведомые» ПЛК со своими ЦП.

В качестве ЦП небольшого ПЛК используются стандартные микропроцессоры (МП).

Обычно 8- и 16-разрядные МП вполне справляются со всеми стандартными задачами.

Выбор (МЭК 61131) конкретного МП все же зависит от задач, возлагаемых на данный тип ПЛК.

Для передачи данных другому ПЛК или для подключения к сетям передачи данных PROFIBUS, Industrial Ethernet, AS-Interface в распределенных системах управления сегодня используются коммуникационные процессоры, такие как DP83867IR производства Texas Instruments (TI).

Входная секция ПЛК обеспечивает ввод в центральную секцию состояния переключателей, датчиков и смарт-устройств.

Через **выходную секцию** ЦП управляет внешними исполнительными устройствами, среди которых могут быть электромагнитные пускатели моторов, источники света, клапаны и смарт-устройства.

Типы ПЛК

Современные ПЛК, использующие инновационные технологии, далеко ушли от первых упрощенных реализаций промышленного контроллера, но заложенные в систему управления универсальные принципы были стандартизированы и успешно развиваются уже на базе новейших технологий.

Крупнейшими мировыми производителями ПЛК сегодня являются компании Siemens AG, Allen-Bradley, Rockwell Automation, Schneider Electric, Omron. Кроме них ПЛК выпускают и многие другие производители, включая российские компании ООО КОНТАР, Овен, Сегнетикс, Fastwel Групп, группа компаний Текон и другие.

Рис. 2. Моноблочные программируемые логические контроллеры



По конструктивному исполнению ПЛК делят:

- на моноблочные (рисунок 2)
- модульные.

В корпусе **моноблочного** ПЛК наряду с ЦП, памятью и блоком питания размещается фиксированный набор входов/выходов.

В **модульных** ПЛК используют отдельно устанавливаемые модули входов/выходов.

Согласно требованиям МЭК 61131, их тип и количество могут меняться в зависимости от поставленной задачи и обновляться с течением времени.

ПЛК подобной концепции представлены на рисунке 3.

Подобные ПЛК могут действовать в режиме «ведущего» и расширяться «ведомыми» ПЛК через интерфейс Ethernet.

Рис. 3. Программируемые логические контроллеры с расширенными возможностями



Моноблочные функционально завершенные ПЛК могут включать в себя небольшой дисплей и кнопки управления.

Дисплей предназначен для отображения текущих рабочих параметров и вводимых с помощью кнопок команд рабочих программ и технологических установок.

Более сложные ПЛК комбинируются из отдельных функциональных модулей, совместно закрепляемых на стандартной монтажной рейке. В зависимости от количества

обслуживаемых входов и выходов, устанавливается необходимое количество модулей ввода и вывода.

Источник питания может быть встроенным в основной блок ПЛК, но чаще выполнен в виде отдельного блока питания (БП), закрепляемого рядом на стандартной рейке.



Первичным источником для БП чаще всего служит промышленная сеть 24/48/110/220/400 В, 50 Гц.

Другие модели БП могут использовать в качестве первичного источник постоянного напряжения на 24/48/125 В. Стандартными для промышленного оборудования и ПЛК являются выходные напряжения БП: 12, 24 и 48 В.

В системах повышенной надежности возможна установка двух специальных резервированных БП для дублирования электропитания.

Для сохранения информации при аварийных отключениях сети электропитания в ПЛК используют дополнительную батарею.

Рис. 4. Блок питания для ПЛК

Первоначальная концепция программируемого логического контроллера сформировалась во времена перехода с релейно-транзисторных систем управления промышленным оборудованием на появившиеся тогда микроконтроллеры.



Подобные ПЛК с 8- и 16-разрядными МП ограниченной производительности до сих пор успешно эксплуатируются и находят новые сферы применения.

Огромный прогресс в развитии микроэлектроники затронул всю элементную базу ПЛК. У них значительно расширился диапазон функциональных возможностей.

Несколько лет назад немислимы были аналоговая обработка, визуализация технологических процессов или даже раздельное использование ресурсов ЦП в качестве непосредственного управляющего устройства. В настоящее время поддержка этих функций входит в базовую версию многих ПЛК. Примером подобного подхода является отдельное направление в линейке продукции компании Texas Instruments. TI не входит в число производителей ПЛК, но выпускает для них



специализированные ЦП и сетевые процессоры, компоненты для создания периферийных цифровых и аналоговых модулей, контроллеры температуры, смешанные модули цифровых и аналоговых входов/выходов.

Блок-схема процессора TI Sitara [AM570x](#) на рисунке 5 позволяет судить об огромной функциональной оснащённости этого ARM-процессора, работающего на частоте до 1 ГГц, поддерживающего интерфейсы CAN, I²C, McASP, McSPI, SPI, UART, USB и способного работать в диапазоне температур 0...90°C.

Рис. 5. Блок-схема процессора TI Sitara AM570x

Требования, ограничения и проблемы при проектировании и производстве ПЛК

ПЛК — это особым образом спроектированная цифровая система управления на основе процессоров разной мощности и с различной функциональной оснащённостью, в зависимости от предназначения.

Такую систему можно также считать специализированным мини-компьютером.

Она изначально ориентирована на эксплуатацию в цехах промышленных предприятий, где имеется множество источников электромагнитных помех, а температура может быть как положительной, так и отрицательной.

Дополнительно к минимизации воздействия вышеуказанных факторов необходимо предусмотреть и защиту от агрессивной внешней среды, включающей пыль, брызги технологических жидкостей и паровоздушные взвеси.

В таких случаях предусмотрена установка ПЛК в защитные шкафы или в удалённых помещениях.

Отдельные модули могут размещаться на удалении до сотен метров от основного комплекта ПЛК и эксплуатироваться при экстремальных внешних температурах.

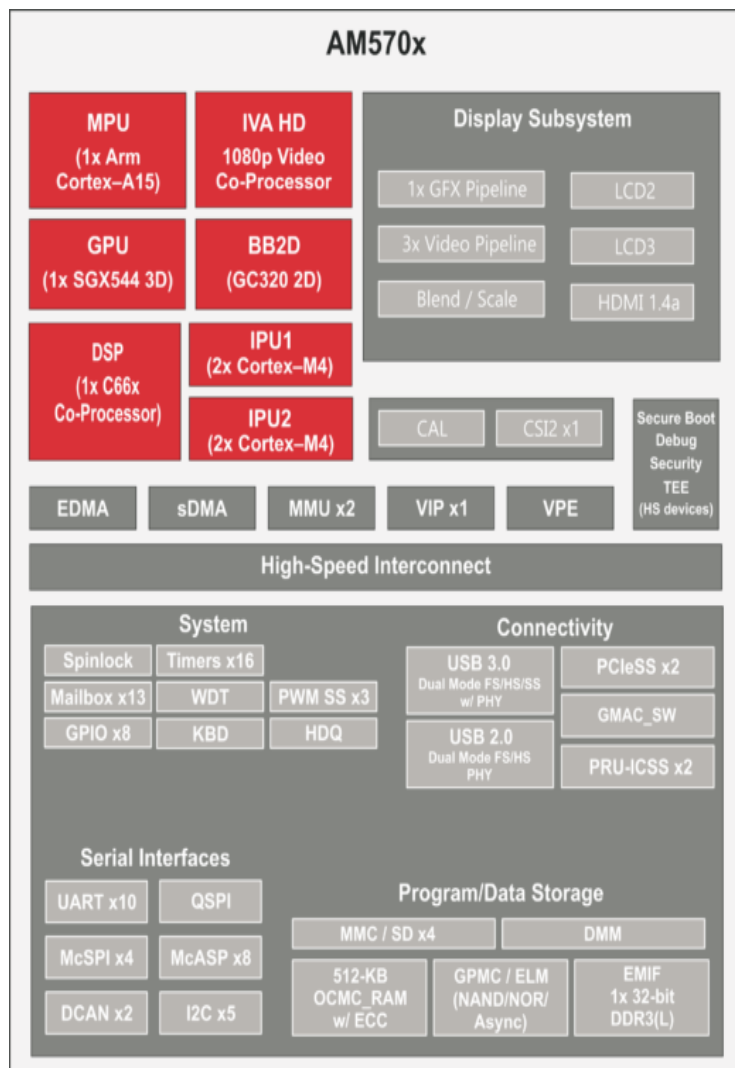
Согласно МЭК 61131, для ПЛК с наружной установкой допустима температура 5...55°C.

Для устанавливаемого в закрытых шкафах ПЛК необходимо обеспечить рабочий диапазон 5...40°C при относительной влажности 10...95% (без образования конденсата).

Тип ПЛК выбирается при проектировании системы управления и зависит от поставленных задач и условий производства.

В отдельных случаях это может быть моноблочный ПЛК с ограниченными функциями, имеющий достаточное количество входов и выходов.

В других условиях потребуются ПЛК с расширенными возможностями, позволяющими использовать распределённую конфигурацию с удалёнными модулями входа/выхода и с удалёнными пультами управления технологическим процессом.



Связь между удаленными блоками и основным ядром ПЛК осуществляется через помехозащищенные полевые шины по медным кабелям и оптическим линиям связи.

В отдельных случаях, например, для связи с подвижными объектами, применяют беспроводные технологии, чаще всего это сети и каналы

Wi-Fi.

Для взаимодействия с другими ПЛК могут применяться как широко известные интерфейсы RS-232 и RS-485, так и более помехозащищенные промышленные варианты типа Profibus и CAN.



Особенности работы и программирования ПЛК

Система программирования является одной из примечательных и полезных особенностей ПЛК, она обеспечивает упрощенный подход к разработке управляющих программ для специалистов различного профиля.

ПЛК впервые появилась удобная возможность программирования контроллеров путем составления на экране компьютера визуальных цепей из релейных контактов для описания операторов программы (рисунок 6). Даже весьма далекие от программирования инженеры-технологи быстро осваивают новую для себя профессию.

Подобное программирование **называют** языком релейной логики или Ladder Diagram (LD или LAD). Задачи, решаемые при этом ПЛК, значительно расширяются за счет применения в программе функций счетчиков, таймеров и других логических блоков.

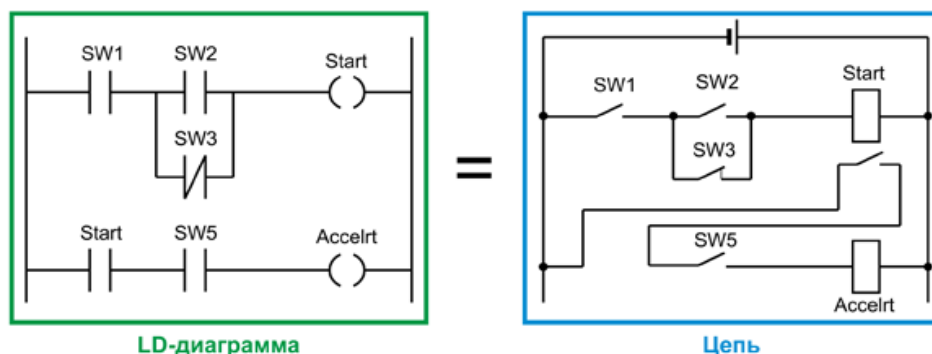


Рис. 6. Пример программной реализации электрической цепи

Задача программирования ПЛК еще более упрощается благодаря наличию пяти языков, стандартизованных для всех платформ ПЛК.

Три графических и два текстовых языка программирования взаимно совместимы. При этом одна часть программы может создаваться на одном языке, а другая — на другом, более удобном для нее.

К графическим средствам программирования ПЛК относятся язык последовательных функциональных блоков (Sequential Function Chart, SFC) и язык функциональных блок-диаграмм (Function Block Diagram, FBD), более понятные для технологов.

Для программистов более привычными являются язык структурированного текста (Statement List, STL), напоминающий Паскаль, и язык инструкций (Instruction List, IL), похожий на типичный Ассемблер.

Простота программирования ПЛК является относительной.

Если с программированием небольшого устройства может после обучения справиться практически любой инженер, знакомый с элементарной логикой, то создание сложных программ потребует знания основ профессии программиста и специальных познаний в программировании ПЛК.

Упростить создание программного обеспечения для современных ПЛК позволяют специальные комплексы, такие как (рисунок 7), ISaGRAF, OpenPCS и другие инструменты, не привязанные к какой-либо аппаратной платформе ПЛК и содержащие все необходимое для автоматизации труда программиста.

Для отладки сложных проектов на основе компонентов ТП компания предлагает специальные отладочные комплекты и необходимое программное обеспечение.

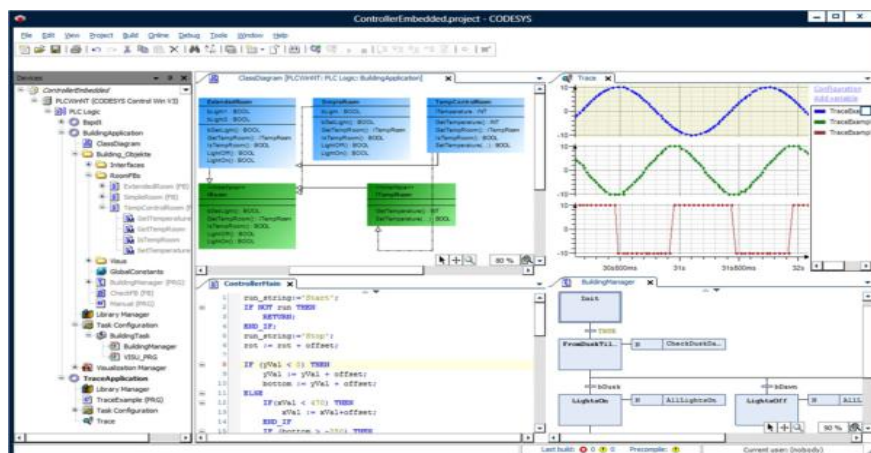


Рис. 7. Рабочий экран программирования в среде CoDeSys

Перед началом работы ПЛК выполняет первичное тестирование оборудования и загрузку в ОЗУ и ПЗУ операционной системы и рабочей программы пользователя.

Стандартный ПЛК кроме рабочего режима имеет режим отладки с пошаговым выполнением

программы, с возможностью просмотра и редактирования значений переменных.

Рабочий режим ПЛК состоит из повторяющихся однотипных циклов, каждый из них включает три этапа:

- опрос всех датчиков с регистрацией их состояния в оперативной памяти;
- последовательный анализ рабочей программы с использованием данных о текущем состоянии датчиков и с формированием управляющих воздействий, которые записываются в буферные регистры;
- одновременное обновление контроллером состояния всех своих выходов и начало очередного этапа опроса датчиков.

Процесс исполнения программы ПЛК можно контролировать на экране подключенного компьютера с отображением состояния отдельных параметров.

Например, процедуры включения и выключения насоса могут меняться в зависимости от требуемой задержки, значение которой задается специальной переменной.

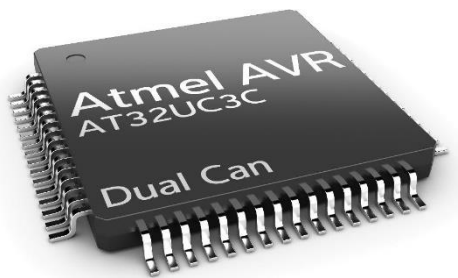
При необходимости можно остановить выполнение программы и перевести ПЛК в режим программирования, затем на экране компьютера изменить ход выполнения программы или отдельные параметры и снова записать их в память ПЛК.

Монтаж и подключение программируемых логических контроллеров (ПЛК) в шкафах и щитах автоматки



Программируемый логический контроллер (ПЛК) - это специальная разновидность компьютеров, применяемых для автоматизации технологических процессов и объектов. Важной особенностью ПЛК является работа в режиме реального времени. Это обеспечивается применением специальных микропроцессоров, которые обеспечивают отклик системы на запрос за заданный интервал времени. ПЛК обычно работают в неблагоприятных внешних условиях - температурных, влажностных, пылевых, электромагнитных, радиационных.

Поэтому обычные бытовые компьютеры в качестве элементов управления не применяются. В России действует с 2007 года специальный ГОСТ Р МЭК 61131-1-2016 контроллеры программируемые.



Основой ПЛК являются микроконтроллеры - специализированные микропроцессоры однокристалльной архитектуры.

Микроконтроллеры могут работать без чипсета и материнской платы, без операционной системы. Но этот режим применяется в основном в простых локальных системах автоматике. В сложных системах задействуются достаточно производительные

процессоры под управлением специальных операционных систем.

Разнообразие ПЛК весьма велико.

Нет ни одной фирмы в области автоматике и электроники, которая не выпускала бы собственные ПЛК.

Все ПЛК объединяет их общая архитектура и стандартизация интерфейсов для подключения внешних устройств.

Крупнейшими мировыми производителями ПЛК сегодня являются компании Siemens AG, Allen-Bradley, Rockwell Automation, Schneider Electric, Omron, Micubichi, Lovato.

ПЛК выпускают и многие другие производители, включая российские компании ООО КОНТАР, Овен, ООО Контэл, Сегнетикс, Fastwel Групп, Текон и другие.



Программируемые логические контроллеры ОВЕН.

Программируемые контроллеры Siemens серии SIMATIC S7

Пример внешнего вида ПЛК в стандартном моноблочном корпусе, показан на рисунке.

Это ПЛК фирмы ОВЕН (Россия) и ПЛК фирмы 9 Сименс (Германия).

Разъемы для подключения питания, датчиков и исполнительных устройств расположены с двух сторон корпуса.

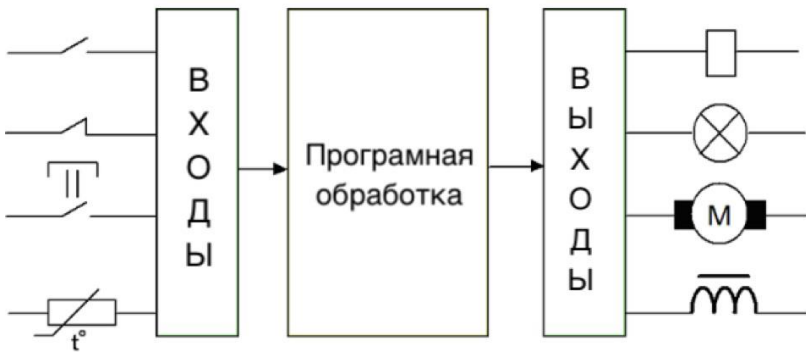


Программируемый логический контроллер ПЛК 63 фирмы ОВЕН (Россия) и ПЛК фирмы Сименс (Германия)



Виды входов-выходов:

- дискретные,
- аналоговые,
- универсальные,
- специальные,
- интерфейсные.



Дискретные входы используются для подключения датчиков, которые могут находится в двух состояниях: «активен – пассивен» или «включен - выключен».

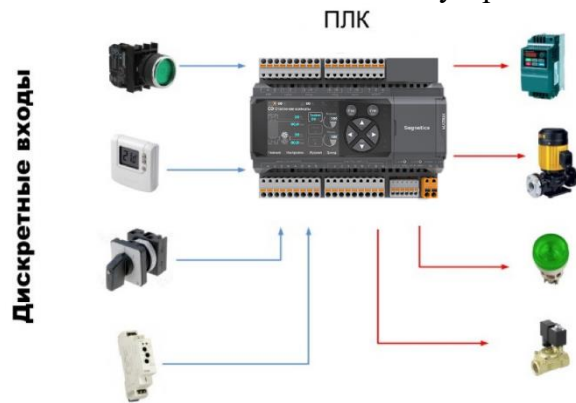
С помощью дискретных входов можно подключить кнопки, тумблеры, концевые выключатели, термостаты и прочее оборудование.

Дискретные входы контроллеров

обычно рассчитаны на прием стандартных сигналов с уровнем +24 В постоянного тока.

Типовое значение тока одного дискретного входа (при входном напряжении +24 В) составляет около 10 мА.

Дискретные выходы ПЛК используются для создания выходных сигналов с электрическими параметрами, как у дискретного входа. Обычно они применяются для управления включением или выключением исполнительных устройств.



Аналоговые входы позволяют подключать к ПЛК аналоговые датчики.

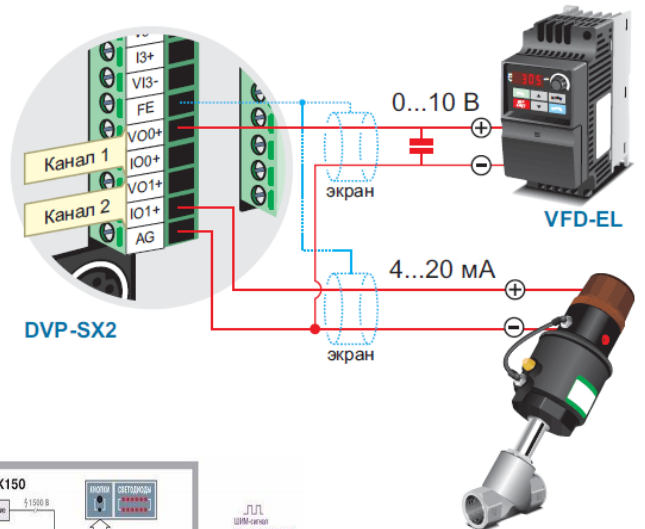
В соответствии с ГОСТ 61131–2-2012 (Дата введения 2014-07-01) **аналоговый выход** - это устройство, которое преобразует двоичное число в аналоговый сигнал.

ПЛК могут быть оснащены специализированными входами-выходами, **позволяющие измерять** длительность, фиксировать фронты, подсчитывать импульсы,

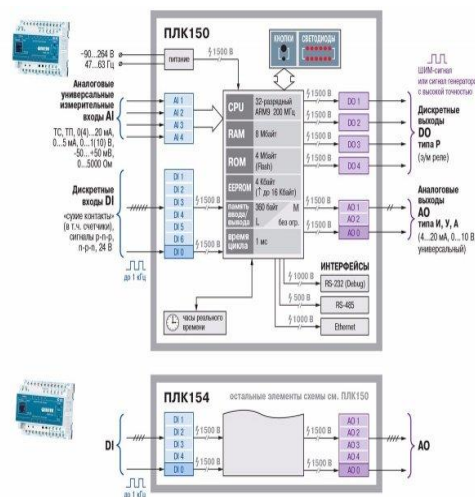
управлять двигателями.

Количество тех или других входов-выходов является основным фактором, определяющим возможности ПЛК, при создании на его базе системы автоматки.

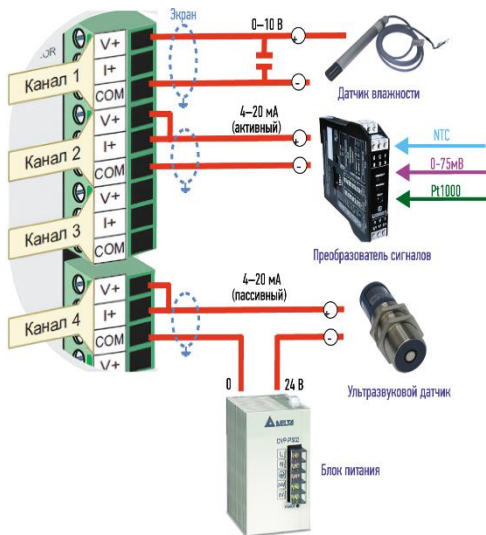
Для аналоговых входов самыми распространенными являются стандартные диапазоны постоянного напряжения: -10...+10 В и 0...+10 В. Для токовых входов диапазоны составляют 0–20 мА и 4–20 мА.



Выводы ПЛК и подключение внешних устройств



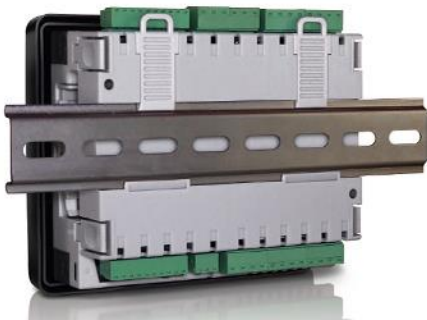
ASCO E290A060 PD



По конструктивному исполнению и способу крепления выделяют четыре исполнения корпуса ПЛК:

- корпус для установки на монтажную дин-рейку;
- корпус для крепления на стену;
- панельное исполнение;
- без корпусное исполнение для встраиваемых модульных систем.

Корпус для установки на монтажную дин-рейку предназначен для установки ПЛК на панель шкафа автоматики и имеет специальную пружинную защелку для фиксации на стандартной дин-рейке.



Корпус для крепления на стену обычно выполняется по стандартам пылевой и влагозащиты и имеет встроенные герметичные вводы для подключения внешней электрической проводки, как силовой, так и сигнальной.

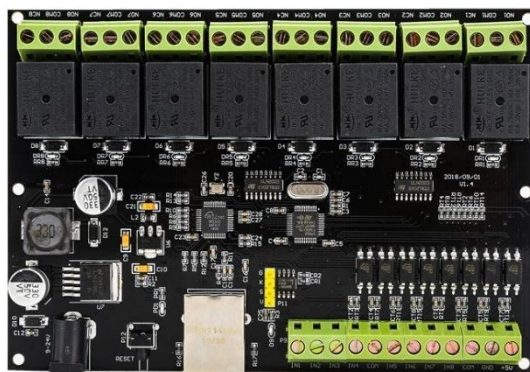


Панельное исполнение ПЛК применяется в случае установки ПЛК в переднюю дверь шкафа автоматики. Обычно панельные ПЛК имеют сенсорный дисплей, на котором отображается мнемосхема автоматизированной технологической линии или локальной системы автоматики и который используется для ввода параметров регулирования оператором.



Без корпусное исполнение ПЛК применяется при создании встраиваемых (бортовых) систем автоматики. В этом случае ПЛК представляет из себя печатную плату с набором разъемов для подключения внешних устройств и крепежных элементов для соединения с другими платами.

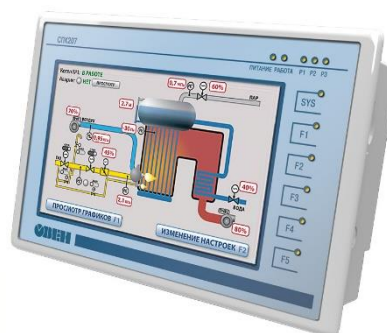
Разъемы могут выполняться с подключением проводов к ПЛК под винтовой зажим или разъемными. Последние имеют очевидное преимущество при обслуживании, например, при замене ПЛК. При этом невозможно перепутать подключение проводов. Однако применение двойных разъемов увеличивает стоимость ПЛК, поэтому производители чаще применяют в ПЛК не разъемные, а винтовые соединения проводов.



Обычно моноблочные ПЛК имеют встроенные или выносные дисплеи, устанавливаемые в передние панели шкафов управления.

Они могут быть:

- графическими,
- знакосинтезирующими,
- сенсорными.



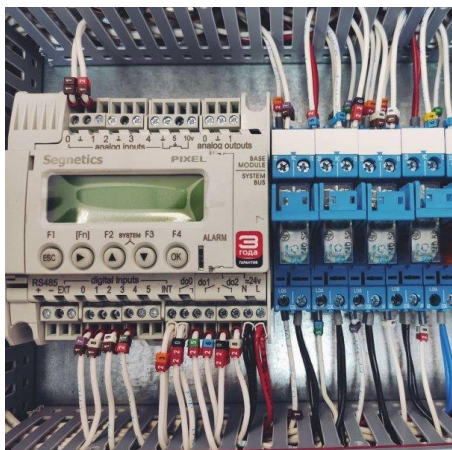
Контакты разъемов ПЛК предоставляют пользователю ПЛК возможности для подключения датчиков различного типа:

- аналоговых,
- дискретных,
- исполнительных устройств ,
- устройств ввода-вывода.

ПЛК **обладают** набором стандартных приборных интерфейсов для реализации распределенных систем автоматики с использованием различных видов каналов связи:

- проводных,
- радиосвязи,
- интернета.

Программируемые логические контроллеры являются основой для изготовления шкафов (или щитов) автоматики различного назначения.



Монтаж элементов автоматики на панели шкафа производится по проекту принципиальной электрической схемы, который разрабатывается согласно технического задания отдельно для каждой системы.

Технология монтажа шкафа автоматики предусматривает раздельное проведение в распределительных коробах силовых и сигнальных проводов (например, силовые - в правых коробах, а сигнальные - в левых коробах, относительно монтажной панели), обязательную маркировку проводов, согласно проекта, и опрессовку окончаний проводов специальными наконечниками.

Шкафы автоматики могут иметь встроенные кондиционеры или подогреватели для обеспечения внутреннего термостатирования.



Внешний вид шкафа автоматики на основе ПЛК

Современные ПЛК имеют встроенный импульсный источник питания, обеспечивающий питание от внешнего источника в диапазоне переменного напряжения от 110 В до 265 В (преобразователь напряжения AD-DC) или от источника питания постоянного тока (преобразователь напряжения DC-DC).

Импульсные источники питания обладают целым рядом встроенных автоматических защит:

- от короткого замыкания,
- от перегрева ,
- от перегрузки.

Обычная схема подключения ПЛК к питанию требует

установки предварительного фильтра от импульсных помех.

Подбор импульсных источников питания производят по значению необходимой потребляемой мощности и требуемым выходным значениям номиналов питания.

Если источник основного входного напряжения, отключается по причине аварии или неисправности, то работу или корректное завершение работы устройства или системы может обеспечить источник бесперебойного питания.

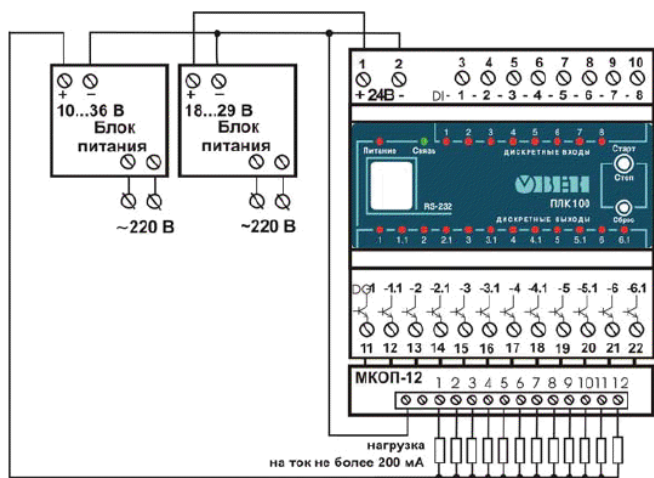


Схема подключения к контроллеру ПЛК100-24-К нагрузки через модуль МКОП-12

автоматики должен производиться согласно инструкций предприятий-изготовителей.

Фотографии щитов автоматики с программируемыми логическими контроллерами:

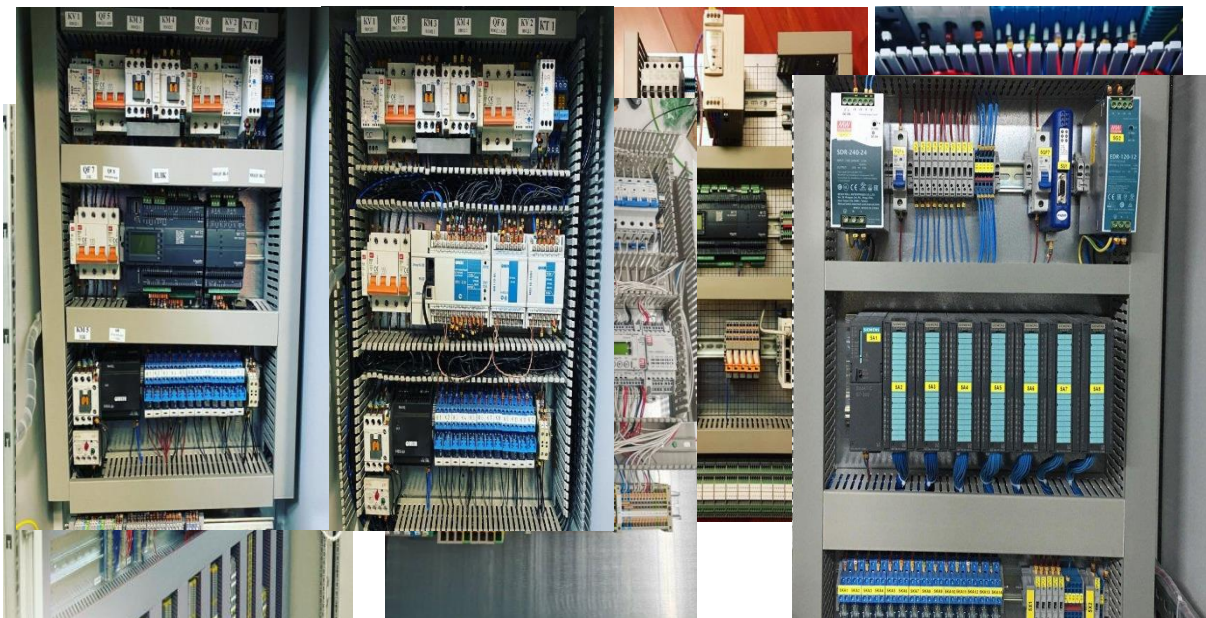
Степень защиты ПЛК зашифрована маркировкой IP (Ingress Protection Rating).

IP дословно переводится как степени защиты от проникновения.

В настоящее время это наиболее распространенная система обозначения защиты оборудования от воздействий внешней среды.

Используется для обозначения защиты от попадания внутрь оборудования различных физических частиц по геометрическим размерам, в том числе пыли и воды. Степеньми защиты могут обладать корпуса ПЛК и также шкафы или щиты, в которых они устанавливаются.

Монтаж и подключение конкретных программируемых логических контроллеров (ПЛК) в шкафах и щитах



CODESYS (*Controller Development System*) — программный комплекс промышленной автоматизации. Производится и распространяется компанией 3S-Smart GmbH (Кемптен, Германия). Версия 1.0 была с ноября 2012 изменено написание на CODESYS.

Среда программирования

Основой комплекса CODESYS является среда прикладных программ для программируемых контроллеров (ПЛК).

Она распространяется бесплатно и может быть без установлена на нескольких рабочих местах.

В CODESYS для программирования доступны все пять определяемых стандартом [IEC 61131-3](#) (МЭК 61131-3) языков:

- [IL](#) (Instruction List) — ассемблер-подобный язык
- [ST](#) (Structured Text) — Pascal-подобный язык
- [LD](#) (Ladder Diagram) — язык релейных схем
- [FBD](#) (Function Block Diagram) — язык функциональных блоков

[SFC](#) (Sequential Function Chart) — язык диаграмм состояний

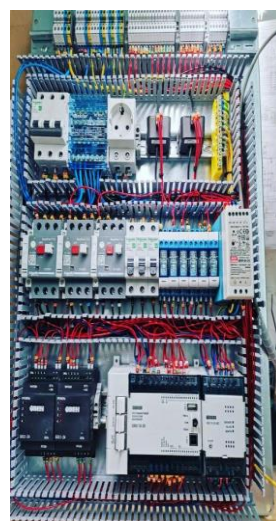
В дополнение к FBD поддержан язык программирования CFC (Continuous Function Chart) с произвольным размещением блоков и расстановкой порядка их выполнения.

В CODESYS реализован ряд других расширений спецификации стандарта IEC 61131-3.

Самым существенным из них является поддержка объектно ориентированного программирования (ООП).

Встроенные компиляторы CODESYS генерируют машинный код (двоичный код), который загружается в контроллер. Поддерживаются основные 16- и 32-разрядные процессоры: Infineon C166, TriCore, 80x86, ARM (архитектура), PowerPC, SH, MIPS (архитектура), Analog Devices Blackfin, TI C2000/28x и другие.

При подключении к контроллеру среда программирования переходит в [режим отладки](#).



инструментальный

Software Solutions
выпущена в 1994 году.

разработки
логических

ограничений

В нем доступен:

- мониторинг/изменение/фиксация значений переменных,
- точки останова,
- контроль потока выполнения,
- горячее обновление кода,
- графическая трассировка в реальном времени и другие отладочные инструменты.

CODESYS версии V3 построен на базе так называемой платформы автоматизации: CODESYS Automation Platform.

Она позволяет изготовителям оборудования развивать комплекс путём подключения собственных плагинов.

Расширенная профессиональная версия среды разработки носит название CODESYS Professional Developer Edition.

Она включает поддержку UML - диаграмм классов и состояний, подключение системы контроля версий Subversion, статических анализаторов и профилировщик кода.

Распространяется по лицензии.

Инструмент CODESYS Application Composer позволяет перейти от программирования практических приложений к их быстрому составлению. Пользователь составляет собственную базу объектов, соответствующих определенным приборам, механическим узлам машины и т. п. Каждый объект включает программную реализацию и визуальное представление. Законченное приложение составляется из необходимых объектов, конфигурируется и автоматически генерируется программа на языках МЭК 61131-3.

CODESYS Automation Server - это облачная платформа автоматизации для контроллеров с CODESYS.

Обеспечивает: удаленный мониторинг данных ПЛК, контроль исправности ПЛК, обновление ПО ПЛК по расписанию, резервное копирование проектов и параметров, контроль версий, удаленное формирование нарядов для обслуживания на местах.

С 20 марта до конца 2020 года платформа удаленной работы CODESYS Automation Server доступна бесплатно для всех пользователей.

Система исполнения

Для программирования контроллера в среде CODESYS в него должна быть встроена система исполнения (Control Runtime System).

Она устанавливается в контроллер в процессе его изготовления. Существует специальный инструмент (Software development kit), позволяющий адаптировать её к различным аппаратным и программным платформам.

Языки программирования контроллеров.

Особенности применения языков FBD, LD.

Для создания пользовательской программы, задающей алгоритм работы ПЛК, используются специальные языки программирования, регламентированные стандартом МЭК 61131. Так же существуют международный стандарт IEC 61131 и соответствующий европейский стандарт EN 61131. Сам стандарт включает в себя как общие понятия, которые уже применяются при программировании ПЛК, так и дополнительные новые методы программирования, а так же определяет архитектуру, параметры аппаратных средств, организацию коммуникационной подсистемы МЭК 61131 представляет собой международный стандарт, состоящий из 9 частей, для программируемых контроллеров и связанных с ними периферийных устройств.

Языки программирования:

- FBD (диаграммы функциональных блоков),

- LD (релейно-контактные схемы или релейные диаграммы)
- ST (структурированный текст),
- IL (список инструкций),
- SFC (последовательные функциональные схемы).

МЭК 61131-3 является скорее руководством для программирования ПЛК, а не жестким набором правил, которые необходимо неукоснительно соблюдать.

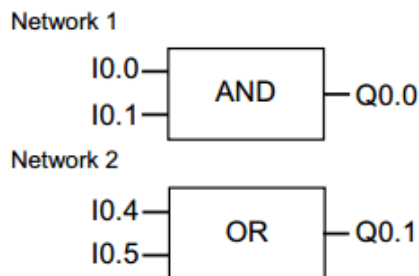
Statement List (STL)

```

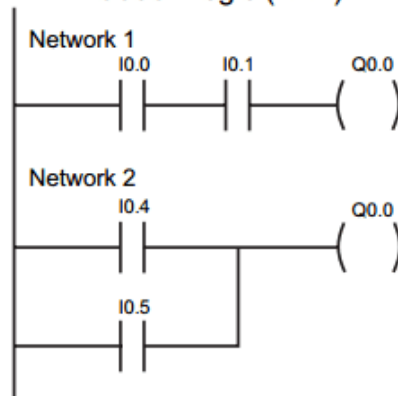
Network 1
LD I0.0
A I0.1
= Q0.0

Network 2
LD I0.4
O I0.5
= Q0.1
  
```

Function Block Diagram (FBD)



Ladder Logic (LAD)



Особенности применения базовых языков программирования FBD и LD в среде CoDeSys.

LD – «релейные диаграммы» – графический язык, в основе которого лежат принципы работы релейно-контактных схем с возможностью использования различных функциональных блоков при подключении соответствующих библиотек.

Язык LD использует жесткую логику, т.е. принимает только два значения «ложь» и «истина», где 0 – «ложь», а 1 – «истина».

Символика языка была заимствована из проектирования в области электротехники.

Объектами языка программирования LD являются контакты, катушки и FFB (функции и функциональный блоки), с помощью которых задается структура секции ПЛК. Эти объекты взаимосвязаны через фактические параметры или связи.

Внешний вид LD-секции представлен в виде ступеней.

На рисунке 1 приведен фрагмент программы управления освещением в помещении в редакторе LD в CoDeSys.

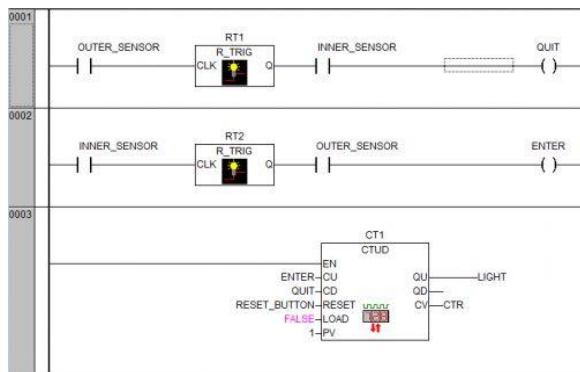


Рисунок 1. Фрагмент программы в редакторе LD.

Вертикальная линия слева в рабочей области представляет собой «провод с высоким потенциалом», а вертикальная линия справа – «нулевой провод».

Между ними располагаются горизонтальные линии, именуемые контактными цепями.

Слева по горизонтальным линиям располагаются «коммутаторы электрического тока», соответствующие входным переменным логического типа и дискретным

входам. Справа располагаются «потребители электрического тока», соответствующие выходным переменным логического типа и дискретным выходам.

Как видно из рисунка 1, язык релейно-контактных схем идеален для простых программ, описывающих дискретную логику. В частности, перемещение объектов. Но для обработки «непрерывных» процессов с множеством аналоговых переменных язык LD не подходит.

В данном случае дискретные входы содержат информацию, поступающую с датчиков, т.е. текущие условия, базовая программа анализирует эти входы и подает соответствующие сигналы на выходы.

В редакторе LD могут быть использованы таймеры, счетчики, детекторы передних фронтов, некоторые базовые сравнения или математические операции, но нет возможности использовать сложные функции, к которым можно отнести ПИД-регулирование, тригонометрия, анализ данных, сохраняя при этом читаемость и компактность кода программы, а так же парадигму легкой визуализации.

Другим недостатком является то, что по мере роста объема программного кода, становится сложно читать и интерпретировать сам код из чего следует, что реализация процесса управления от и до на языке релейно-контактных схем - трудная задача.

На рисунке 2 приведен фрагмент программы управления освещением в помещении, реализованной уже в редакторе FBD.

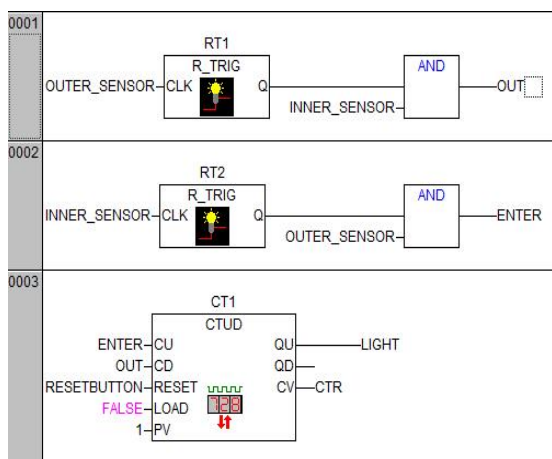


Рисунок 2. Фрагмент программы в редакторе FBD.

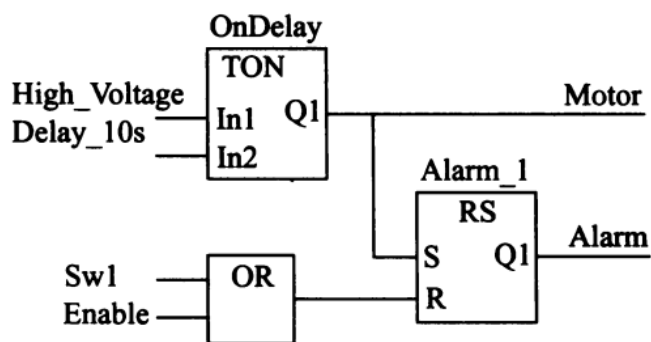
Язык FBD – «язык функциональных блок-схем» – графический язык программирования, созданный для описания процессов прохождения сигналов и обеспечивающий управление потоками данных всех типов.

Язык FBD похож на электрические схемы, поэтому удобен для не имеющих опыта логического программирования инженеров-схемотехников, которые могут с легкостью составить электрическую схему системы управления на базе «жесткой логики». FBD подходит для управления непрерывными процессами и процессами регулирования.

При программировании на данном языке применяются наборы стандартных библиотек, а так же могут быть использованы собственные функциональные блоки, написанные на языке FBD, на других языках стандарта МЭК 61131-3 или же на языке С. Подобные блоки могут быть многократно использованы в разных частях программы. FBD заимствует символику булевой алгебры.

К **преимуществам** языка FBD относятся простота создания, наглядность, четкая последовательность, легкая структура команд, надежный и быстрый код.

Язык FBD использует такие же команды, как и LD, но сама схема визуальнее понятна пользователю, не обладающему знаниями релейной логики.



Язык функциональных блок-схем идеально подходит для создания простых пользовательских программ с использованием цифровых входов и выходов, может применяться в любых приложениях наряду с языком релейных диаграмм или вместо него.

Но при реализации сложной задачи с применением специальных входов и функций программный код может разрастись, включив в себя большое число секций, и, таким образом, потерять свою наглядность.

Также при создании программы на языке FBD требуется предварительная проработка программы в виде четкого прописывания алгоритма работы перед тем, как начать писать код, так как потом будет достаточно сложно внести изменения.

Язык функциональных блок-схем (FBD)

