ЭиУА

Дәуренов ӘД

Лекция № 11. Программируемые логические контроллеры (ПЛК): устройство, принцип работы и применение

Цель лекции

Изучить

- назначение,
- устройство,
- принцип работы,
- основные характеристики,
- классификацию и
- применение программируемых логических контроллеров в промышленной автоматизации,
- а также их взаимодействие с датчиками и исполнительными устройствами.

План лекции

1. Введение в микропроцессорные устройства и ПЛК.
2. Назначение и основные функции ПЛК.
3. Устройство и основные компоненты ПЛК.
4. Входные и выходные сигналы контроллера.
5. Принцип работы ПЛК и цикл выполнения программы.
6. Классификация ПЛК.
7. Основные технические характеристики.
8. Основы программирования ПЛК.
9. Промышленные интерфейсы связи.
10. Реальные промышленные контроллеры.
11. Примеры применения ПЛК в автоматизации.
12. Преимущества, ограничения и значение ПЛК.

1. Введение в микропроцессорные устройства и ПЛК

В предыдущих лекциях рассматривались датчики, преобразователи сигналов, реле, контакторы, логические элементы, триггеры, счётчики и регуляторы.

Все эти устройства выполняют определённые функции в автоматизированных системах управления.

Однако для автоматизации сложного технологического процесса необходимо объединить их работу в единую систему.

Для этой цели широко используются – **программируемые логические контроллеры.**

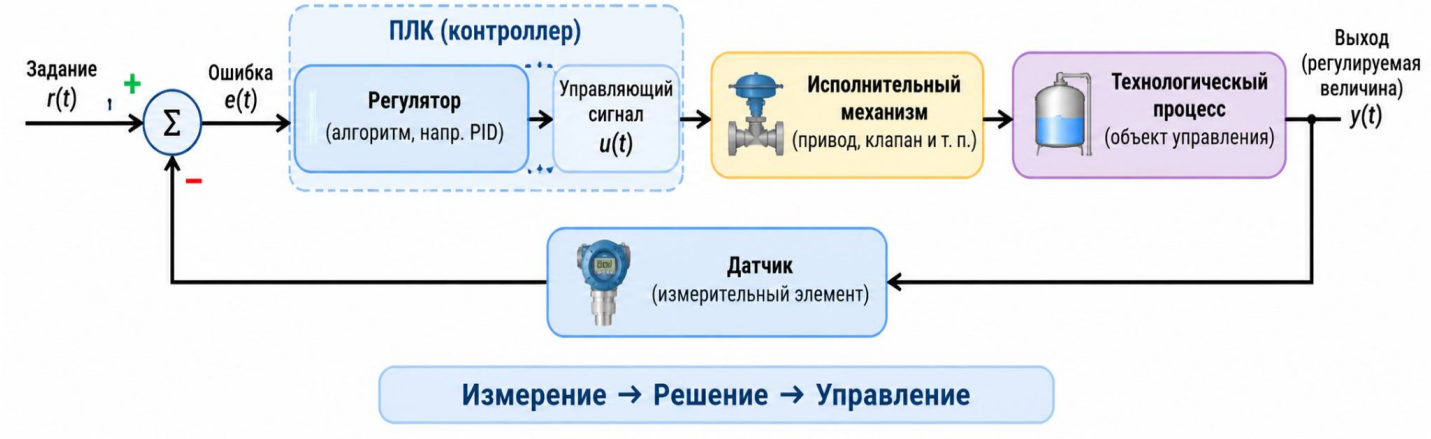
Прежде чем изучать ПЛК, необходимо различать три понятия.

Понятие	Определение
Микропроцессор (MPU)	Интегральная схема, выполняющая команды программы и обрабатывающая данные
Микроконтроллер (MCU)	Интегральная схема, объединяющая процессор, память и периферийные устройства
Программируемый логический контроллер (PLC)	Готовое промышленное устройство для автоматического управления оборудованием

Главное: микропроцессор или микроконтроллер является вычислительной основой, а ПЛК представляет собой промышленную систему управления с необходимыми входами, выходами и программным обеспечением.

2. Назначение и основные функции ПЛК

Программируемый логический контроллер (ПЛК, Programmable Logic Controller — PLC) — промышленное цифровое электронное устройство, предназначенное для автоматического управления машинами и технологическими процессами по заданной программе. ПЛК получает информацию от датчиков, обрабатывает её и формирует команды исполнительным устройствам.



Основные функции ПЛК

- Сбор информации от датчиков.
- Выполнение логических операций.
- Подсчёт событий и формирование временных задержек.
- Обработка аналоговых сигналов.
- Автоматическое регулирование.
- Управление исполнительными механизмами.
- Диагностика оборудования.
- Обмен данными с другими системами.

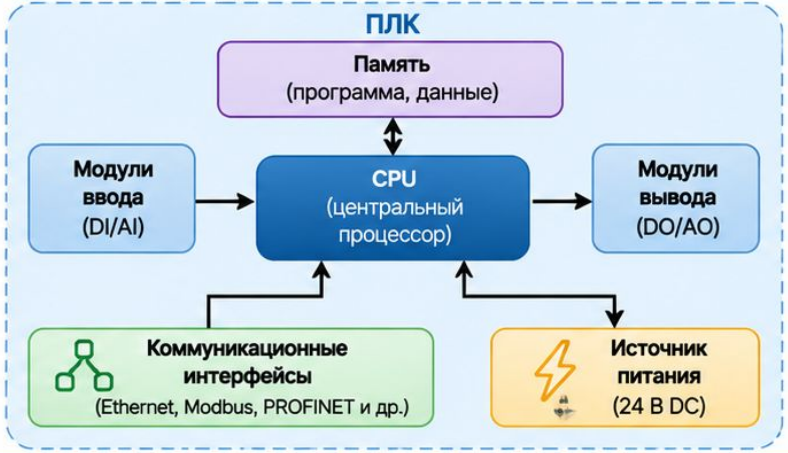
Основные компоненты ПЛК

Типовой ПЛК включает несколько основных функциональных компонентов.

Реальный пример ПЛК



Структурная схема ПЛК



Центральный процессор (CPU)



Выполняет программу управления. Получает данные, анализирует их и определяет действия.

Память



Используется для хранения программы, параметров и промежуточных данных.

Модули ввода



Предназначены для получения сигналов от кнопок, датчиков и измерительных устройств.

Модули вывода



Предназначены для формирования управляющих сигналов, например для включения реле или управления частотным преобразователем.

Коммуникационные интерфейсы



Обеспечивают обмен информацией с другими контроллерами, панелями оператора и промышленными сетями (Ethernet, Modbus, PROFINET и др.).

Источник питания



Обеспечивает электрическую энергию, необходимую для работы контроллера.

Входные и выходные сигналы ПЛК

Типы сигналов и их назначение

Тип	Обозн.	Назначение	Пример
Дискретный вход	DI	Принимает 0 или 1 (состояние устройства)	Кнопка START
Дискретный выход	DO	Формирует команду включения/отключения	Реле, контактор
Аналоговый вход	AI	Получает измеряемое значение (непрерывный)	Датчик давления 4–20 мА
Аналоговый выход	AO	Формирует регулирующий сигнал (непрерывный)	Задание скорости 0–10 В

ПЛК (пример: Siemens S7-1200)



CPU (процессор) | Модули ввода (DI/AI) | Модули вывода (DO/AO)

Схема подключения DI
(дискретный вход: кнопка START)

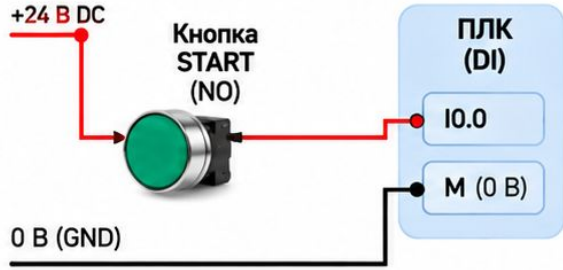
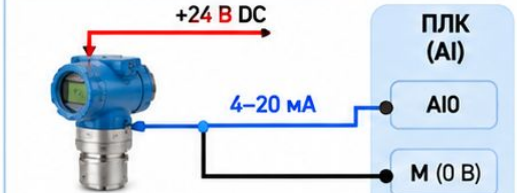


Схема подключения DO
(дискретный выход: управление реле)



Промежуточное реле (катушка 24 В DC)

Схема подключения AI
(аналоговый вход: датчик давления)



Датчик давления (4–20 мА, 2-проводный)

Схема подключения AO
(аналоговый выход: задание скорости ПЧ)



Частотный преобразователь (вход задания: 0–10 В) | Насос (электродвигатель)

Важно: реальные входы/выходы ПЛК, напряжения питания (например, 24 В DC) и способы подключения зависят от конкретной модели контроллера и используемого оборудования.

Цикл работы ПЛК (PLC Scan Cycle)

ПЛК постоянно повторяет цикл из трёх основных этапов: чтение входов → выполнение программы → обновление выходов.



1 Чтение входов

- Считывание состояний дискретных входов (0/1).
- Измерение аналоговых сигналов (например, 4–20 мА, 0–10 В).
- Проверка достоверности данных.

2 Выполнение программы

- Логические операции (И, ИЛИ, НЕ и др.).
- Вычисления и преобразования.
- Управление таймерами, счётчиками, ПИД-регуляторами.

3 Обновление выходов

- Формирование дискретных сигналов (0/1).
- Выдача аналоговых сигналов (например, 4–20 мА, 0–10 В).
- Управление исполнительными механизмами.

Пример: управление насосом



Датчик давления (4–20 мА) → **ПЛК** (чтение → обработка → выходы) → Насос (через частотный преобразователь)

ПЛК считывает давление, по программе регулирует скорость насоса и управляет его работой.

Важно: время одного цикла зависит от сложности программы, количества входов/выходов и используемого оборудования. Обычно оно составляет от нескольких миллисекунд до сотен миллисекунд.

Классификация ПЛК

1) **По конструкции**

Компактные ПЛК — процессор и часть входов/выходов объединены в одном корпусе. Пример: Siemens S7-1200 G2.

Модульные ПЛК — состоят из отдельных модулей, которые можно подбирать и расширять в зависимости от задачи. Пример: Siemens S7-1500.

2) **По масштабу применения**

- Контроллеры для небольших машин и установок.
- Контроллеры для производственных линий.
- Контроллеры для крупных распределённых систем управления.

3) **По назначению**

- Универсальные контроллеры.
- Контроллеры управления движением.
- Контроллеры технологических процессов.
- Контроллеры функциональной безопасности.

Выбор ПЛК: основные характеристики

Основные характеристики

Характеристика	Значение
Количество DI/DO	Сколько дискретных сигналов можно подключить
Количество AI/AO	Сколько аналоговых сигналов можно обработать
Тип выходов	Транзисторные, релейные и другие
Объём памяти	Возможности хранения программы и данных
Производительность	Скорость выполнения операций
Время цикла	Период выполнения циклической программы
Возможность расширения	Подключение дополнительных модулей
Интерфейсы связи	Ethernet, Modbus, PROFIBUS и др.
Диагностика	Обнаружение и регистрация неисправностей
Условия эксплуатации	Температура, влажность и другие требования

Пример: выбор ПЛК для производственной установки

Требования системы

- Дискретные датчики: 20 шт.
- Аналоговые датчики: 4 шт.
- Управляемые устройства: 12 шт.

Решение



Siemens S7-1200

Обобщённая схема выбора

Определить требования (количество сигналов, среда, функции) → Сравнить характеристики моделей ПЛК → Оценить запас и возможность расширения → **Выбрать подходящий ПЛК**

Важно

- Рекомендуется выбирать ПЛК с запасом по количеству каналов (≈ 10–30%).
- Учитывайте не только число входов/выходов, но и требования к скорости, интерфейсам, диагностике и условиям эксплуатации.

Основы программирования ПЛК

Главное преимущество ПЛК заключается в возможности изменять алгоритм управления программным способом. В промышленной автоматизации применяются несколько языков программирования, определённых стандартом IEC 61131-3.

Зачем нужен этот стандарт?

Представим, что на одном заводе используются контроллеры Siemens, а на другом — Schneider Electric.

У них могут быть разные программные среды, но основные принципы языков LAD, FBD и ST основаны на общем международном стандарте.

Это облегчает обучение специалистов, понимание программ и переход между различными платформами. Однако стандарт не гарантирует полной совместимости программ разных производителей.

Языки программирования ПЛК (*IEC 61131-3*)

В промышленной **автоматизации** применяются несколько языков программирования, определённых **стандартом IEC 61131-3.**

LAD — Ladder Diagram

- Графический язык программирования.
- Напоминает электрические контактные схемы.

Пример

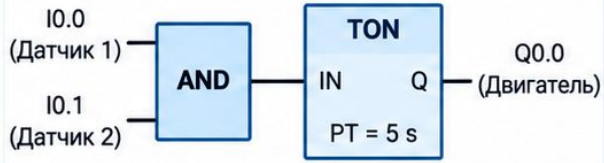


Суть: двигатель включается, если активны два разрешающих сигнала.

FBD — Function Block Diagram

- Графический язык, использующий функциональные блоки.
- Широко применяется для логики, таймеров, счётчиков и регуляторов.

Пример



Суть: логический блок AND и таймер (задержка включения 5 с).

ST — Structured Text

- Текстовый язык программирования.
- Используется для описания алгоритмов управления и сложной логики.

Пример

```
IF Start AND Safety_OK THEN
   Motor := TRUE;
ELSE
   Motor := FALSE;
END_IF;
```

Суть: двигатель включается, если нажата кнопка Start и выполнено условие безопасности Safety_OK.

IEC 61131-3

Международный стандарт, который определяет языки программирования для ПЛК (LAD, FBD, ST и др.).

Ключевая идея

- **Один и тот же алгоритм** можно реализовать на разных языках (например, LAD, FBD или ST) — **выбор зависит от задачи, сложности и предпочтений.**

Бесплатные онлайн-симуляторы ПЛК

https://edwartens.com/
https://camposlh.com/index.html

https://logic.aketo.kz/bank/

https://www.siemens.com/en-us/content/sce-educational-institutions/documents/?utm_source=chatgpt.com

Коммуникационные интерфейсы и промышленные протоколы ПЛК



- ✓ Современные ПЛК редко работают изолированно.
- ✓ Они обмениваются информацией с различными устройствами автоматизации (другими контроллерами, модулями, приводами, операторскими панелями, SCADA и др.).

Типовая структура обмена данными



HMI (панель оператора) ⟷ **ПЛК** ⟷ **Привод** (частотный преобразователь) ⟷ **Датчик** (полевое устройство)

Наиболее распространённые промышленные интерфейсы и протоколы

Интерфейс / протокол	Краткая характеристика	Применение
PROFINET®	Промышленный Ethernet-протокол (на базе Ethernet).	Связь ПЛК, удалённых модулей и приводов.
Modbus RTU	Открытый протокол по последовательным интерфейсам (RS-485/RS-232).	Обмен данными по последовательным интерфейсам (датчики, приводы, счётчики и др.).
Modbus TCP	Modbus на базе Ethernet (TCP/IP).	Обмен данными по Ethernet (интеграция с SCADA, HMI и др.).
EtherNet/IP™	Промышленный Ethernet-протокол (от Rockwell Automation).	Промышленная связь контроллеров и оборудования.
OPC UA®	Открытый, стандартизированный протокол (IEC 62541).	Стандартизированный обмен данными между системами (ПЛК, SCADA, MES, облако и др.).

Пример: сеть на базе PROFINET



Сравнение платформ ПЛК

	SIEMENS	SIEMENS	Rockwell Automation	Rockwell Automation	Schneider Electric
					
Контроллер	Siemens S7-1200 G2	Siemens S7-1500	Allen-Bradley CompactLogix 5380	Allen-Bradley ControlLogix 5580	Schneider Modicon M241
Типичное применение	Небольшие и средние машины	Сложные производственные установки	Производственные машины и линии	Крупные системы управления	Машиностроение
Среда программирования	TIA Portal	TIA Portal	Studio 5000	Studio 5000	EcoStruxure Machine Expert

Пример: Siemens S7-1200 G2



Современный компактный контроллер, который объединяет процессор, память, входные и выходные цепи и коммуникационные интерфейсы.

Основные возможности

- Расширение ввода-вывода (модульная структура)
- Высокоскоростные счётчики
- Управление движением (Motion Control)
- Встроенные коммуникационные интерфейсы (Ethernet / PROFINET и др.)

Области применения

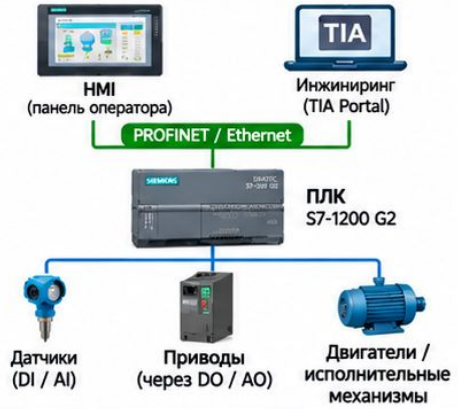

Насосные станции


Конвейеры


Упаковочные машины


Системы вентиляции

Пример включения в систему



Значение ПЛК в современной автоматизации

Программируемые логические контроллеры являются одним из основных технических средств современной промышленной автоматизации.

Они обеспечивают управление оборудованием по заданным алгоритмам, взаимодействие датчиков с исполнительными механизмами, диагностику и обмен данными.

В отличие от традиционных релейных схем, ПЛК позволяют реализовать сложную логику управления без необходимости создавать отдельную электрическую цепь для каждой логической операции.

Главный вывод: ПЛК объединяет функции измерения, обработки информации и управления оборудованием, являясь центральным элементом многих современных автоматизированных систем.

Контрольные вопросы

1. Что такое программируемый логический контроллер?
2. Чем ПЛК отличается от микропроцессора и микроконтроллера?
3. Какие основные функции выполняет ПЛК?
4. Из каких компонентов состоит промышленный контроллер?
5. Чем отличаются дискретные и аналоговые входы?
6. Для чего необходимы выходные модули?
7. Что такое цикл выполнения программы ПЛК?
8. Чем компактные ПЛК отличаются от модульных?
9. Какие характеристики учитываются при выборе контроллера?
10. Что такое LAD, FBD и ST?

11. Какие промышленные интерфейсы связи используются в ПЛК?
12. Назовите современные семейства промышленных контроллеров.
13. Как ПЛК управляет электродвигателем через контактор?
14. Какие преимущества имеет ПЛК перед традиционной релейной системой?
15. Каково значение ПЛК в современной промышленной автоматизации?