

# Системы реального времени.



Тема 2. Автоматизированные  
системы управления  
технологическими процессами

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.  
Этапы развития АСУТП.

---

**Современная автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП)** представляет собой многоуровневую человеко-машинную систему управления, как правило, удовлетворяющую требованиям, предъявляемым к системам жесткого реального времени.

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Этапы развития АСУТП.

---

Три этапа развития АСУТП:

Первый этап — **Системы автоматического регулирования (САР).**

Второй этап — **Системы автоматического управления (САУ).**

Третий этап — **Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП).**

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.  
Этапы развития АСУТП.

---

**SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных)**

***SCADA-система представляет собой пакет программ, предназначенный для разработки и реализации компьютерных рабочих станции операторов в системах автоматизации производства, т. е. программные средства, реализующие основные функции визуализации измеряемой и контролируемой информации, передачи данных и команд системе контроля и управления.***

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Этапы развития АСУТП.

---

Среди SCADA-программ зарубежных производителей, используемых на предприятиях СНГ можно отметить Bridge View и Lookout (National Instruments, США), Simplicity (GE Fanuc, США), Citect (Ci Technologies, Австралия), Factory Link (U.S.Data Co, США), Genesis (Iconics Co, США), iFIX (Intellution, США), InTouch (Wonderware, США), Maestro NT, SattGraf 5000 и MicroSCADA (ABB, США), RealFlex (BJ Software Systems, США), RSView32 (Rockwell Automation, Великобритания) и другие.

SCADA-программы отечественных производителей: Круг 2000 (Круг), САРГОН (НВТ Автоматика), СКАТ-М (Центрпрограммсистем), RTWin CACSD (SWD Real time System), Trace Mode (AdAstra), Viord micro SCADA (Фиорд), VNS (ИнСАТ).

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

### Назначение компонентов систем контроля и управления.

---

**Нижний уровень** — контроллерный уровень объекта, который включает различные датчики для сбора информации о ходе технологического процесса, электроприводы и исполнительные механизмы для реализации регулирующих и управляющих воздействий. Датчики поставляют информацию локальным программируемым логическим контроллерам (PLC — Programming Logical Controller), которые могут выполнять следующие функции:

- сбор и обработка информации о параметрах технологического процесса;
- управление электроприводами и другими исполнительными механизмами;
- решение задач автоматического логического управления и др.

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

### Назначение компонентов систем контроля и управления.

---

К аппаратно-программным средствам контроллерного уровня управления предъявляются **жесткие требования по надежности, времени реакции на исполнительные устройства** и т.д. Программируемые логические контроллеры должны гарантированно откликаться **на внешние события, поступающие от объекта, за время, определенное для каждого события.**

Для критичных с этой точки зрения объектов рекомендуется использовать контроллеры с операционными системами реального времени (ОСРВ).

**Контроллеры под управлением ОСРВ функционируют в режиме жесткого реального времени.**

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

### Назначение компонентов систем контроля и управления.

---

В зависимости от поставленной задачи контроллеры верхнего уровня (концентраторы, интеллектуальные или коммуникационные контроллеры) реализуют различные функции:

- сбор данных с локальных контроллеров;
- обработка данных, включая масштабирование;
- поддержание единого времени в системе;
- синхронизация работы подсистем;
- организация архивов по выбранным параметрам;
- обмен информацией между локальными контроллерами и верхним уровнем;
- работа в автономном режиме при нарушениях связи с верхним уровнем;
- резервирование каналов передачи данных и др.



Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Назначение компонентов систем контроля и управления.

---

**Верхний уровень** — диспетчерский пункт, который включает, прежде всего, одну или несколько станций управления, представляющих собой автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера/оператора. Здесь же может быть размещен сервер базы данных, рабочие места для специалистов и т. д. Часто в качестве рабочих станций используются ПЭВМ типа IBM PC различных конфигураций.

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

### Назначение компонентов систем контроля и управления.

---

#### Спектр функциональных возможностей SCADA в системах управления:

- автоматизированная разработка, дающая возможность создания программного обеспечения для системы автоматизации без реального программирования;
- средства исполнения прикладных программ;
- сбор первичной информации от устройств нижнего уровня;
- обработка первичной информации;
- регистрация сигналов тревоги и исторических данных;
- хранение информации с возможностью ее последующей обработки (как правило, реализуется через интерфейсы к наиболее популярным базам данных);
- визуализация информации в виде мнемосхем, графиков и т. п.;
- возможность работы прикладной системы с наборами параметров, рассматриваемых как «единое целое».

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.  
Назначение компонентов систем контроля и управления.

---

Перспективные SCADA-программы имеют **32-х разрядную арифметику и клиент-серверную архитектуру**. При этой архитектуре контроллеры по промышленной сети связаны с серверами, а клиенты (рабочие станции операторов) взаимодействуют по информационной сети с серверами.

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.  
Назначение компонентов систем контроля и управления.

---

***Повышение надежности работы SCADA-программы достигается диагностированием неисправностей и резервированием серверов, рабочих станций или отдельных исполняемых ими функций.*** Диагностируются также обрывы сетей, соединяющих сервер с контроллерами и рабочих станций с сервером.

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Назначение компонентов систем контроля и управления.

---

## ***Горячее резервирование сервера***

выглядит следующим образом: резервный сервер каждый цикл получает все текущие данные от основного сервера. Но если в очередной цикл данные от него не поступают (неисправность основного сервера), то резервный сервер сам подключается к промышленной сети и работает с нею до тех пор, пока он снова не начнет получать данные от основного сервера.

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

### Назначение компонентов систем контроля и управления.

---

***Резервирование сетей*** имеет ряд вариантов:

- возможно полное резервирование всех элементов сетей;
- возможно резервирование только физической среды передачи данных или только аппаратуры сети (сетевых контроллеров и повторителей);
- возможно резервирование связи сервера с контроллерами через дополнительные связи, минуя промышленную сеть, например, связями типа «точка к точке» (point-to-point).

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.  
Назначение компонентов систем контроля и управления.

---

***Резервирование рабочих станций*** или их отдельных функций практически не требует специальных действий. Оно достигается назначением для дублированных рабочих станций одних и тех же уровней доступа к информации и реализацией на них одних и тех же исполнительных комплексов SCADA-программ.

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Функциональные возможности SCADA-систем.

---

***Одной из основных черт современного мира систем автоматизации является их высокая степень интеграции.***



Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Контроллеры.

---

Центральное звено систем автоматизации — **микропроцессорный контроллер** — объединяет под этим названием ряд классов и типов универсальных микропроцессорных средств, которые удовлетворяют запросам разных категорий заказчиков.

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.  
Контроллеры.

---

**По мощности**, косвенно характеризуемой числом обслуживаемых входов/выходов, контроллеры подразделяются на следующие классы:

- **класс самых малых контроллеров** (десятки входов/выходов);
- **класс малых контроллеров** (сотни входов/выходов);
- **класс больших контроллеров** (тысячи входов/выходов).

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.  
Контроллеры.

---

**По области применения** из общего множества универсальных контроллеров выделяются несколько подмножеств. Важнейшими из них являются:

- **противоаварийные контроллеры** — контроллеры повышенной надежности, имеющие определенные сертификаты на работу в цепях аварийной защиты;
- **телемеханические контроллеры** — контроллеры, оснащенные телемеханическими средствами связи.

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Контроллеры.

---

**По конструктивному исполнению** контроллеры подразделяются на ***встраиваемые в промышленное оборудование*** (бескорпусное исполнение) и на ***самостоятельное приборное оформление*** в виде каркасов, рам, стоек, настенных и напольных шкафов.

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

### Контроллеры.

---

Для удовлетворения различных требований заказчиков применяются следующие технологии построения контроллеров:

- **параллельный выпуск серии модификаций контроллеров.**
- **компоновка контроллера по заданным заказчиком требованиям** из широкого набора модулей, объединяемых стандартной шиной; так называемая магистрально-модульная архитектура контроллеров.

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

### Контроллеры.

---

Зарубежные производители контроллеров:  
*Foxboro, Yokogawa, Fisher-Rosemount, Neles Automation, Honeywell, Moore Products, Rockwell Automation, Koyo Electronics, Schneider Electric, Motorola, Siemens, Triconex, ABB, Omron, GE Fanuc Automation, Toshiba, PEP Modular Computers, FF-Automation, Altersys, Z-World.*

Отечественные производители контроллеров:  
*Автоваз, Автоматика, ДЭП, Завод электроники и механики, ЗЭИМ Инжиниринг, КОК, КРУГ, НИИтеплоприбор, ПИК ПРОГРЕСС, РИУС, Реалтайм, Системотехника, ТЕКОН, Черноголовка, Эмикон, ЦНИИ Циклон.*

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.  
Контроллеры.

---

## **Магистрально-модульная архитектура и ее стандарты.**

**Стандарт САМАС** (Computer Application for Measurement and Control)

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

### Контроллеры.

---

Первой ступенью в системе САМАС является **крейт (каркас)**, в который вставляют **электронные блоки**. На задней панели крейта имеется **шина обмена**. Вся измерительная аппаратура размещается в **блоках**. В функциональный блок информация поступает в виде команд и данных с шины обмена и в виде сигналов от датчиков через переднюю панель.



Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Контроллеры.

### **~~Эффективность использования систем САМАС~~**

обусловлена их гибкостью, возможностью быстрой перестройки и наращивания системы в процессе изменения программы исследований. Причём возможна такая организация работы крейта (и ветви), при которой система обслуживает сразу несколько экспериментов.

**Недостаток системы САМАС** — малая скорость передачи данных и сложность сведения в систему нескольких процессоров. Разработка и выпуск дешёвых микропроцессоров — малая скорость передачи данных и сложность сведения в систему нескольких процессоров. Разработка и выпуск дешёвых микропроцессоров позволяют создавать многопроцессорные системы.

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

### Контроллеры.

---

В конце 80-х годов возникла целая серия открытых магистрально-модульных систем, опирающихся на различные национальные и общественные стандарты. Это системы **VMEbus**, **STDBus**, **Mutibus I**, **Mutibus II**, **FLTUREbus**. В 90-е годы наиболее продвинутым по широте распространение (и, в частности, на рынке промышленной автоматике) стал стандарт **VMEbus (Versa Module Eurocard bus) (или VME)** — стандарт на компьютерную шину, первоначально разработанный для семейства микропроцессоров [Motorola 68000](#) (1981 год), и в дальнейшем нашедший применение для множества других приложений.

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

### Контроллеры.

---

Органичным дополнением к шине VMEbus является стандартная локальная шина PCI, используемая для внутриплатных соединений. Она позволяет использовать расширяющуюся номенклатуру микроэлектронных внутриплатных PCI-компонентов, повышая производительность и гибкость создаваемых VME средств. Электрическая спецификация PCI в промышленном формате «Евромеханика» носит название **Compact PCI** (Peripheral component interconnect — взаимосвязь периферийных компонентов).

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

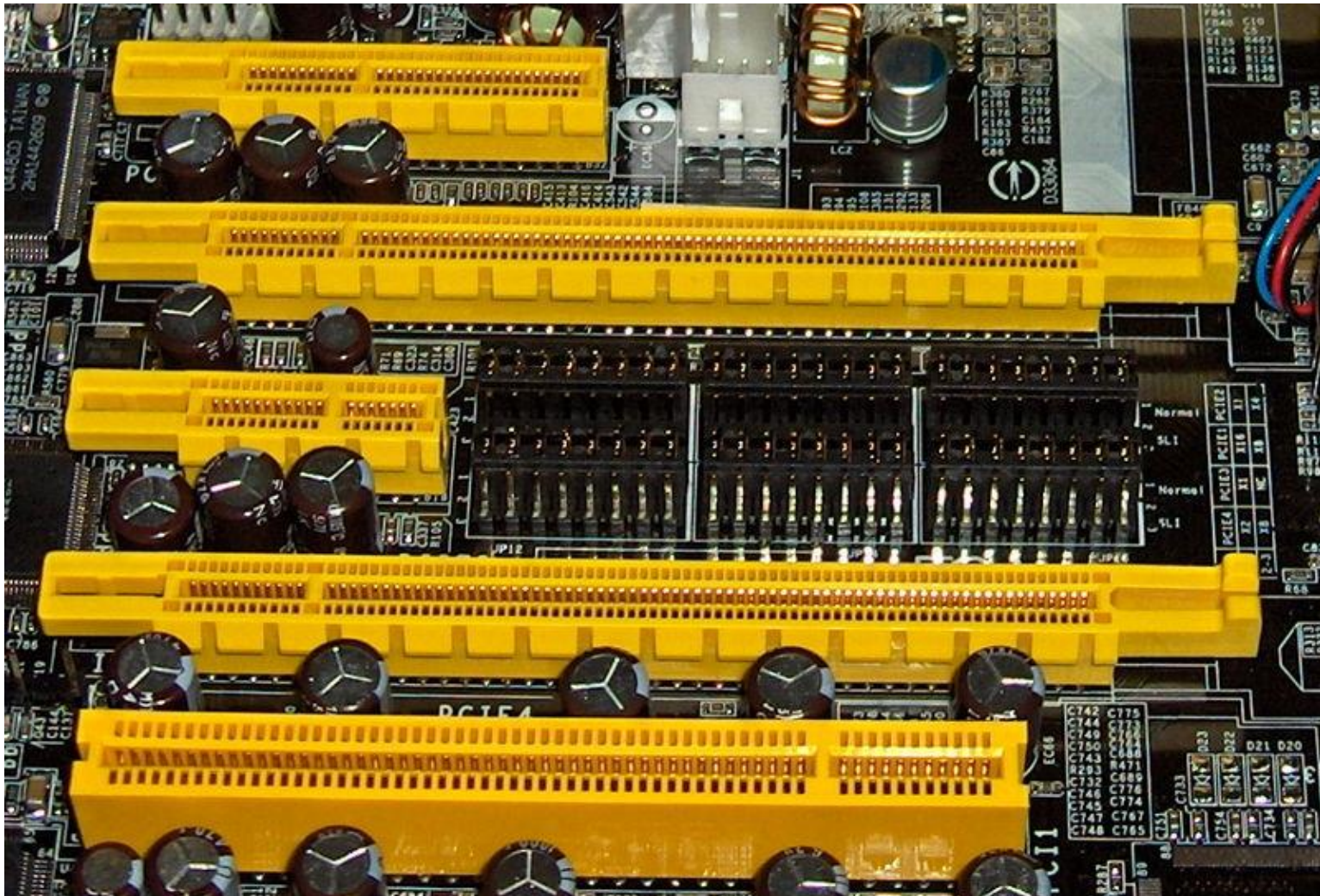
### Контроллеры.

---

Разработаны расширения, такие как **PCI-Express** (2002 год). Стандарт CompactPCI позволяет добавить дополнительные сигналы, для передачи данных помимо шины PCI. На основе этих расширений были созданы новые стандарты, такие как **CompactPCI 64** или **PXI**.

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Контроллеры.

---



Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Контроллеры.

---

**Расширение VME на средства измерительной техники (в частности, на блоки ввода/вывода) называется VXibus (VMEbus eXtention for Instruments) и стандартизировано в 1991 г. (стандарт IEEE 1155).**

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

### Контроллеры.

---

Мезонинные платы представляют собою уровень модульности более низкий, чем уровень модульности плат магистрально-модульной архитектуры (например, VME). Мезонинные модуль имеет небольшие габариты, примерно 45x99 мм (размер кредитной карты) и два разъема: разъем стандартизированной локально шины платы-носителя и разъем, атрибуты которого определяются реализуемой в модуле функцией. Типовая плата-носитель выполненная в стандарте «Евромеханика» формата 6U (размер 233x16 мм), несет на себе 4 мезонинных модуля.

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Контроллеры.

---

На сегодня большое распространение получили две стандартные технологии мезонинных модулей: **IndustryPack** и **MODPACK**.



Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Технологические языки программирования контроллеров по стандарту IEC 1131.3.

---

Стандарт определяет структуру пяти технологических языков:

***LD — язык лестничных диаграмм.***

Графический традиционный язык релейных блокировок, в котором разработчик изображает необходимые релейные схемы;

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Технологические языки программирования контроллеров по стандарту IEC 1131.3.

---

Стандарт определяет структуру пяти технологических языков:

***FBD – язык функциональных блоковых диаграмм.*** Графический конфигуратор с набором типовых программных модулей;

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Технологические языки программирования контроллеров по стандарту IEC 1131.3.

---

Стандарт определяет структуру пяти технологических языков:

***SFC — язык последовательных функциональных схем.*** Язык, близкий к традиционному программированию, предназначен для реализации алгоритмов последовательного управления. Элементы языка — процедуры и транзакции используются для определения порядка операций, написанных на любом языке стандарта;

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Технологические языки программирования контроллеров по стандарту IEC 1131.3.

---

Стандарт определяет структуру пяти технологических языков:

***ST — язык структурированного текста.***

Язык типа Pascal, поддерживающий структурное программирование. Он может использоваться для программирования процедур и переходов в языке SFC и дополнять другие языки стандарта;

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Технологические языки программирования контроллеров по стандарту IEC 1131.3.

---

Стандарт определяет структуру пяти технологических языков:

***IL — язык инструкций***. Язык низкого уровня типа Ассемблера, но без ориентации на конкретную микропроцессорную архитектуру. С его помощью можно создавать быстродействующие программные модули.

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Технологические языки программирования контроллеров по стандарту IEC 1131.3.

---

## **PLCopen**

Сформулировано **три уровня совместимости конкретных языков со стандартом:**

- базовый уровень, когда язык соответствует некоторому подмножеству стандарта IEC 1131.3 (начальный уровень). На этом уровне проверяются типы переменных и языковые конструкции;
- уровень переносимости функций, когда существует формат файла обмена функциональных блоков;
- уровень совместимости и приложений, когда совместимость реализована на уровне приложений и возможен перенос завершенных приложений. Данный уровень спецификации находится в разработке.

## Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

### Технологические языки программирования контроллеров по стандарту IEC 1131.3.

---

Перспективные контроллеры в части их прикладного программного обеспечения выделяются следующими факторами:

- они обеспечены технологическими языками по стандарту IEC 1131.3;
- обязательный набор таких языков — языки типа LD и FBD. Желательный набор — все пять языков стандарта;
- эти языки сертифицированы на соответствие стандарту желательно по уровню переносимости функций;
- к языку FBD (функциональных блоковых диаграмм) прилагается обширный (порядка сотен единиц) набор программных модулей типовых алгоритмов контроля и управления;
- в этот набор, кроме обычных простейших функций, входят продвинутые типовые модули управления, повышающие эффективность автоматизации: модуль самонастройки регуляторов, адаптивные регуляторы, нейрорегуляторы и т. д.

Тема 2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Технологические языки программирования контроллеров по стандарту IEC 1131.3.

---

Достаточно полным открытым набором является наличие протоколов, связывающих контроллер с сетями PROFIBUS-DP, HART, Fieldbus MI, Modbus, Ethernet, с сетями Allen Bradley; портов последовательной передачи данных RS-232, RS-422, RS-485; модемов радио и телефонных каналов.