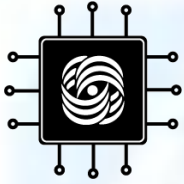


ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

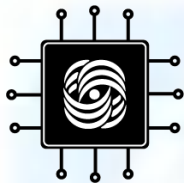
Лекция 11: *Тестирование и интеграция ИУС РВ*

Кафедра АСВК,
Лаборатория Вычислительных Комплексов
Балашов В.В.

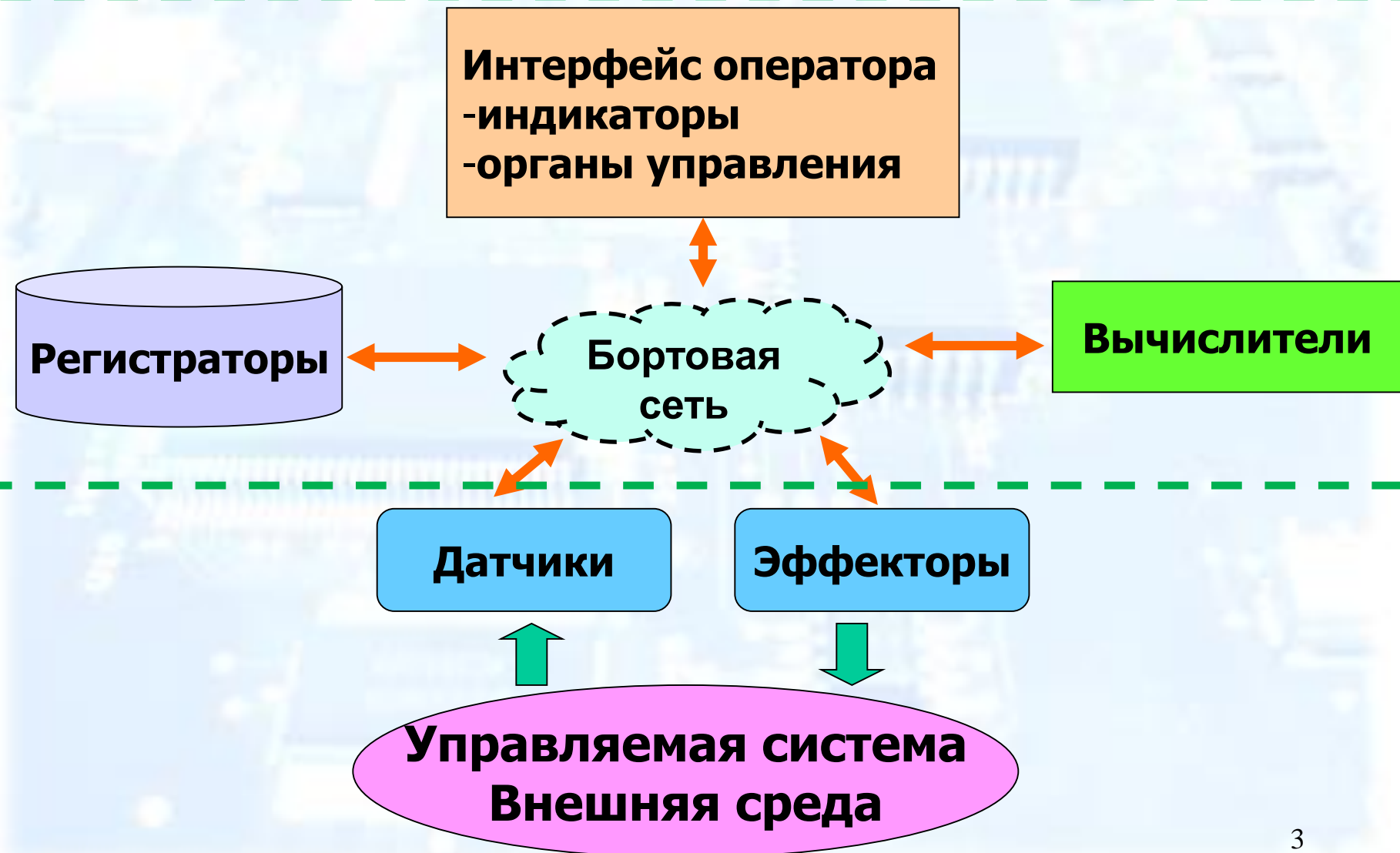


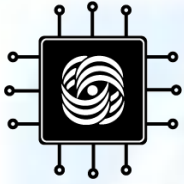
ИУС РВ

- Информационно-управляющая система (ИУС) – вычислительная система верхнего уровня, обеспечивающая:
 - функциональную и информационную интеграцию составных частей управляемого объекта
 - взаимодействие между объектом и оператором



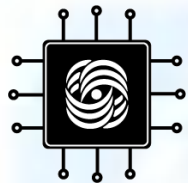
Состав ИУС



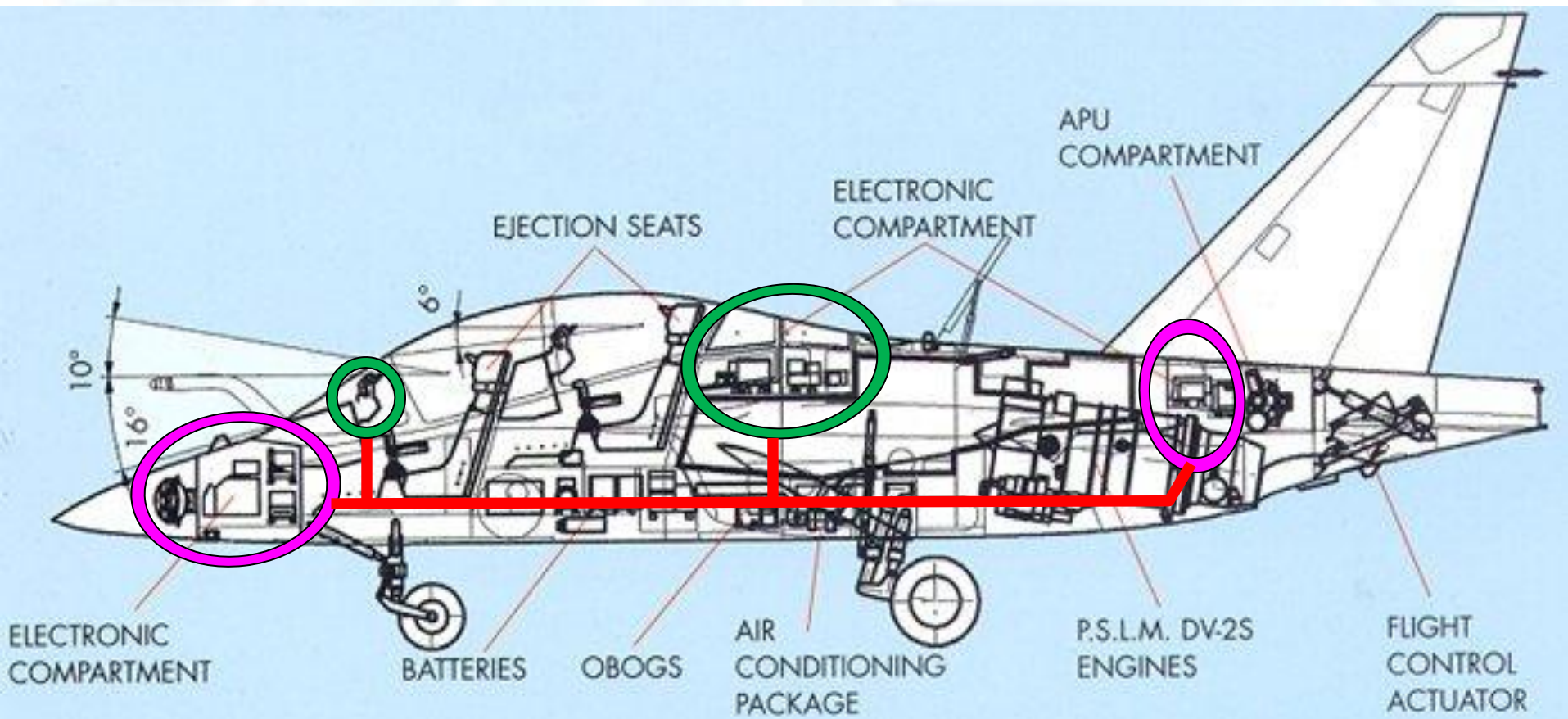


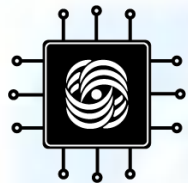
Функции ИУС

- Контроль состояния управляемого объекта
- Управление движением объекта или его частей
- Отслеживание положения объекта или его частей в пространстве
- Обмен данными с внешними системами
- Управление специализированными приборами (прикладной нагрузкой)
- Обмен данными с оператором
 - отображение данных
 - ввод данных



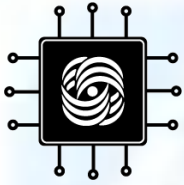
ИУС в управляемой системе





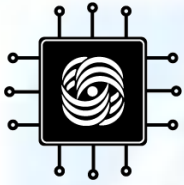
Устройства в составе ИУС





Устройства вне ИУС (на примере самолета)

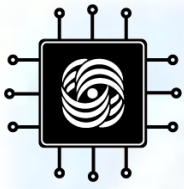
- Датчики:
 - Радиолокатор
 - Радиовысотомер
 - Топливный датчик
 - Тахометр (измеритель частоты вращения турбины)
 - Датчики спутниковой навигации
- Эффекторы
 - управление двигателем
 - управление рулями высоты
 - управление выпуском шасси
 - радиопередатчик



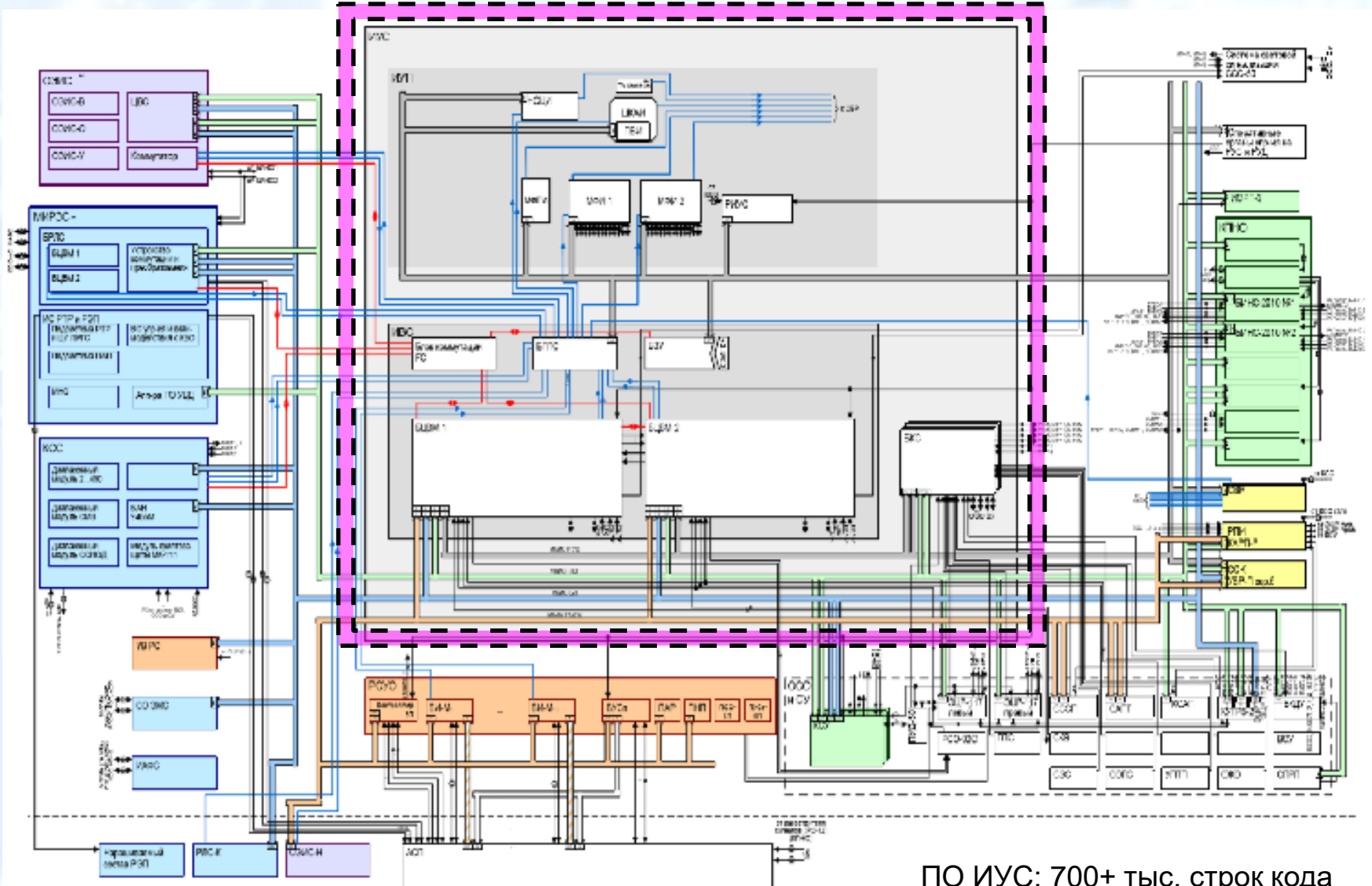
Неоднородность ИУС

- Каналы: точка-точка, шина, коммутатор; 12 kbps, 1 Mbps, 1 Gbps
- Устройства: датчики, индикаторы, вычислители, органы управления, исполнительные устройства
- Данные: аналоговые, цифровые; числовые массивы, видеопотоки

Проблема унаследованных устройств



Уровень сложности комплекса бортового оборудования

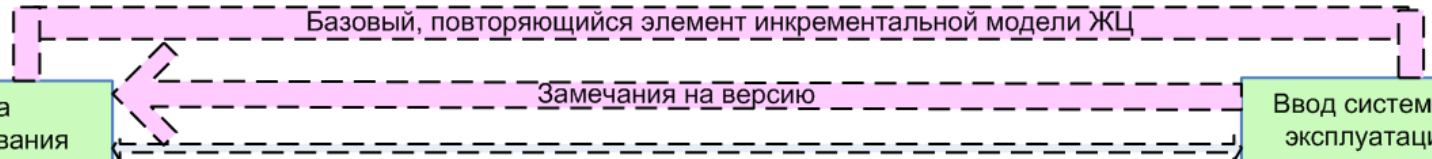


ПО ИУС: 700+ тыс. строк кода



Жизненный цикл ПО ИУС

Входные данные на следующий инкремент (дополнительный функционал)



Фаза планирования

Разработка системных требований

Разработка архитектуры системы

Разработка требований на ПО высокого уровня

Разработка требований на ПО низкого уровня

Кодирование, отладка и интеграция ПО

Ввод системы в эксплуатацию

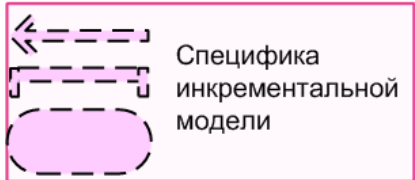
Системное тестирование

Системная интеграция

Функциональное тестирование

Тестирование компонентов ПО

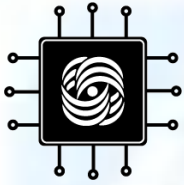
Информационное сопряжение



Системные активности

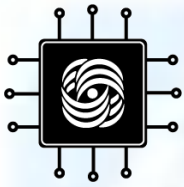
Активности по разработке ПО

Тестирование, интеграция, отработка



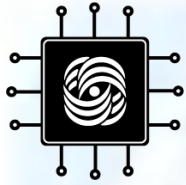
Требования к средствам тестирования ИУС

- Поддержка тестирования ПО на целевом вычислителе без инструментирования аппаратуры или ПО вычислителя
- Поддержка обмена данными через все типы каналов, используемых в ИУС
 - выдача в каналы тестовых данных и прием ответных данных для последующего анализа
 - мониторинг обмена по каналам бортовых интерфейсов и обеспечение доступа тестовых сценариев к результатам мониторинга
 - поддержка формирования сбойного трафика
- Поддержка тестирования временных характеристик функционирования целевой системы
 - формирование и выдача тестовых данных в режиме реального времени
 - измерение задержек поступления ответных данных
- Поддержка многомашинных конфигураций
 - одновременный обмен по десяткам (сотням) каналов



Требования к средствам тестирования ИУС

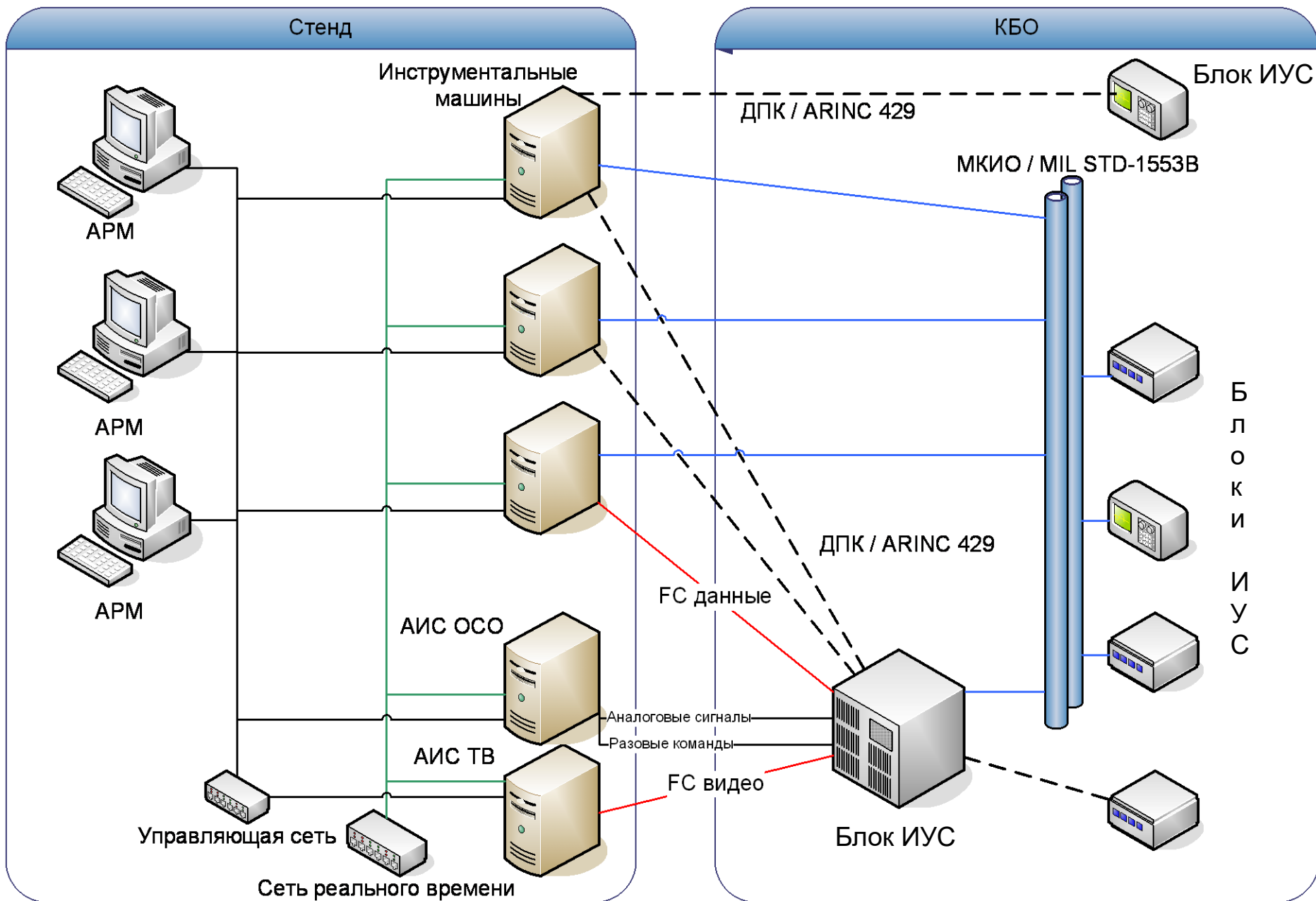
- Поддержка автоматического и интерактивного тестирования
 - интерактивное: для проверки индикаторов и пультов управления
- Поддержка пакетного режима выполнения тестов
- Поддержка оперативного управления тестированием
 - выбор порядка выполнения тестов
 - задание значений тестовых данных
- Поддержка оперативного отображения хода тестирования
 - значения тестовых данных и ответных данных от тестируемой системы
 - протоколы тестирования
- Поддержка прослеживаемости требований и формирования отчётов по результатам тестирования
 - задание соответствия требований тестовым сценариям
 - формирование матрицы прослеживаемости требований
 - формирование отчёта о прохождении тестов и выполненности требований по результатам тестирования
- Интеграция со средствами поддержки разработки ПО ИУС
 - средства управления версиями (хранение ПО и тестов в едином репозитории)
 - средства управления требованиями
 - база данных бортовых интерфейсов (форматы информационных сообщений)
- Единый подход к тестированию для различных фаз жизненного цикла ИУС

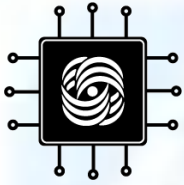


Комплекс средств тестирования ИУС

- Разработан в Лаборатории вычислительных комплексов ВМК МГУ
- Предназначен для тестирования устройств ИУС через каналы бортовых интерфейсов (КБИ)
- Функционирует на ПК под управлением ОС Linux, в состав которых входят адаптеры КБИ
- Поддерживает распределенное выполнение тестовых сценариев
- Удовлетворяет перечисленным выше требованиям
- Положен в основу семейства стендов тестирования, отработки и интеграции ИУС

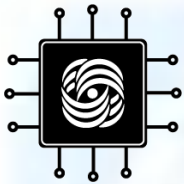
Архитектура стенда тестирования ИУС





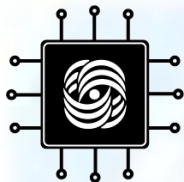
Задачи, требующие работы с натурными устройствами ИУС

- интеграция аппаратуры и ПО, отладка ПО ИУС на целевой платформе
- интеграция компонентов ПО ИУС, в т.ч. компонентов, поступающих от предприятий-созработчиков
- интеграция подсистем ИУС, а также ИУС в целом как многокомпонентной аппаратно-программной системы
- функциональное и квалификационное тестирование ПО ИУС
- приемосдаточные испытания серийно выпускаемых комплектов ИУС
- диагностика блоков ИУС, по которым поступили рекламации
- диагностика блоков ИУС в составе объекта

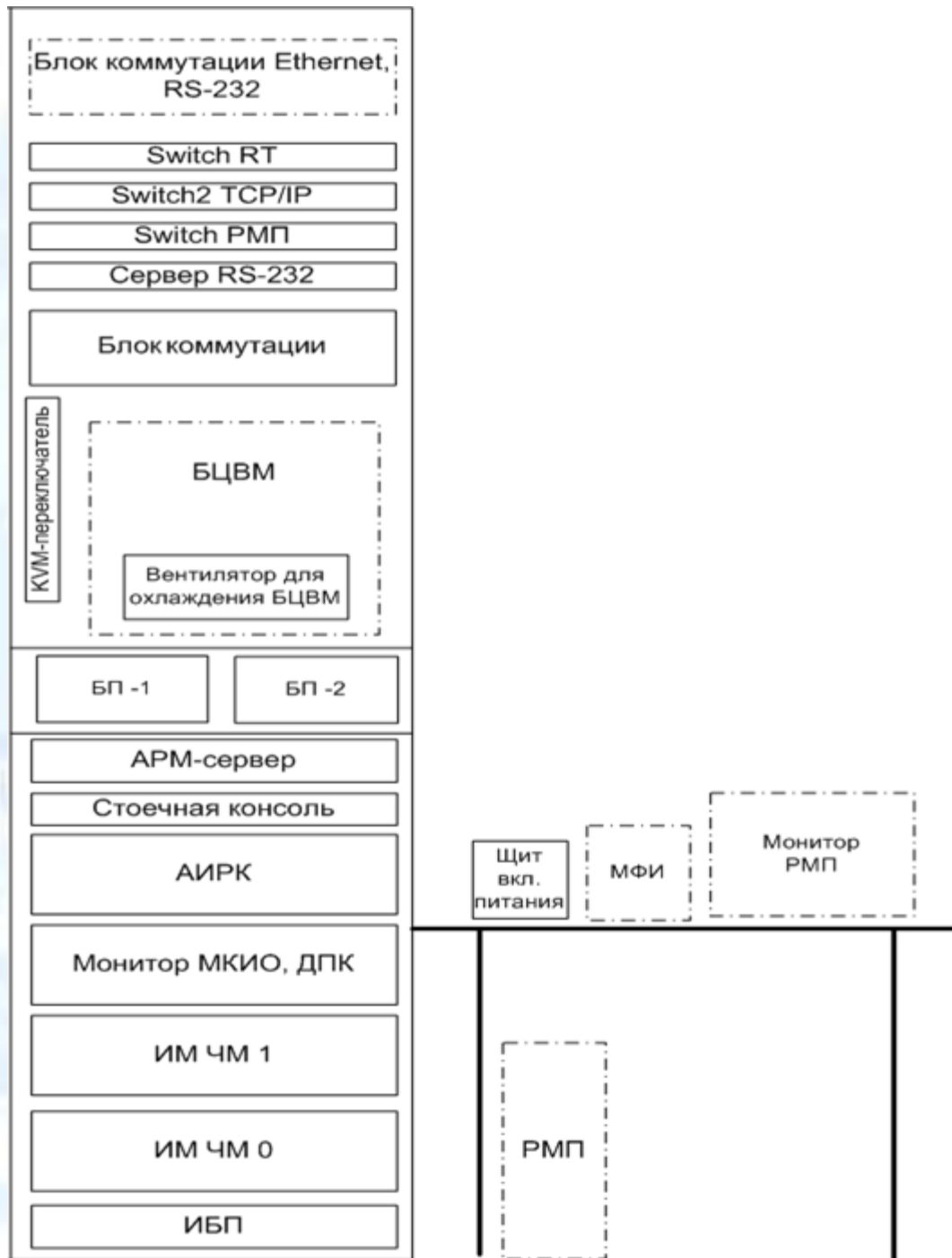


Стенд отработки ПО БЦВМ

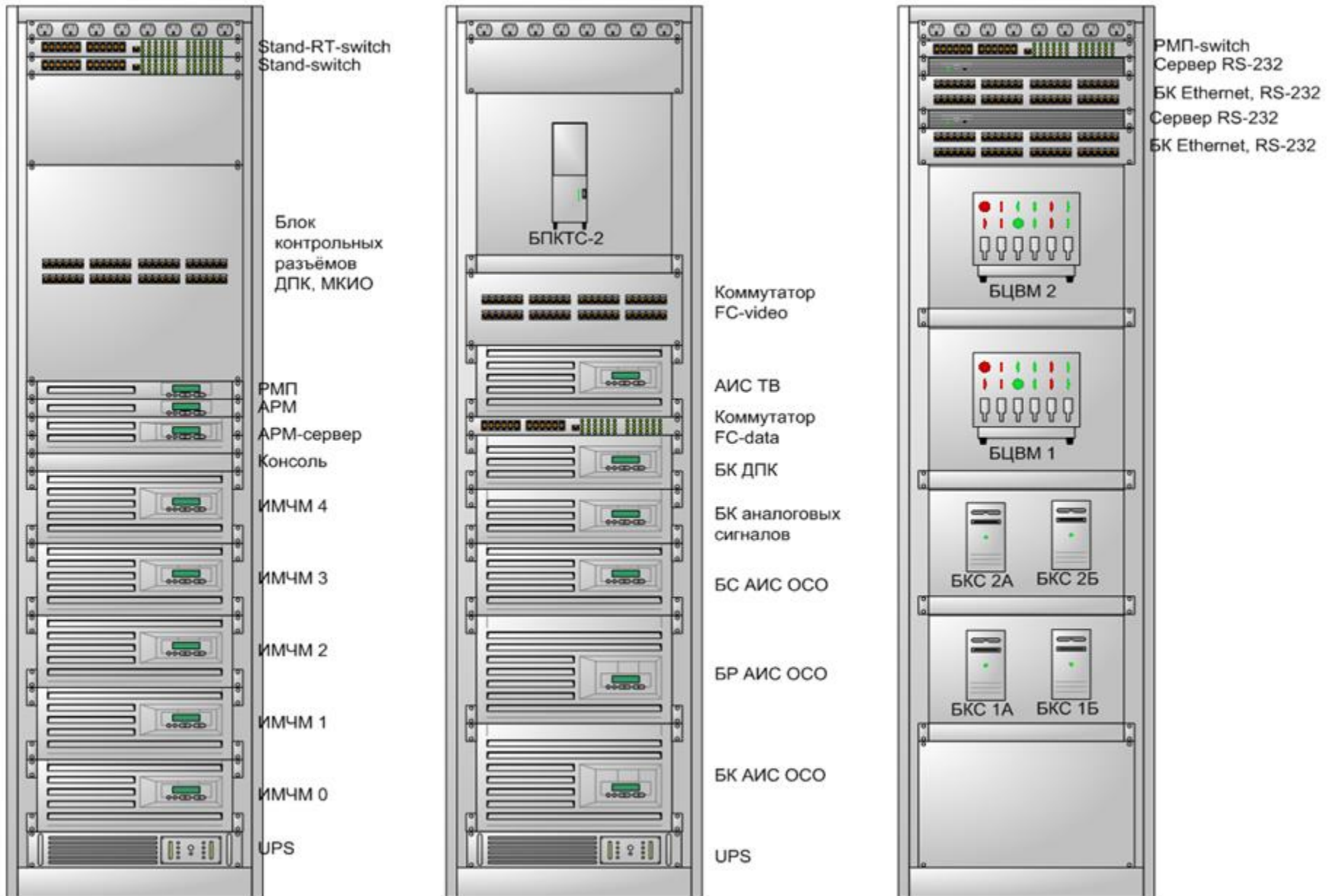


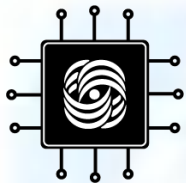


Стенд отработки БЦВМ+МФИ



Стенд тестирования серийных комплектов ИУС





Мобильная рабочая станция мониторинга и анализа бортовых интерфейсов



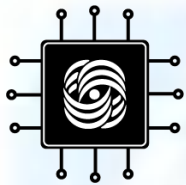
Промышленный ноутбук



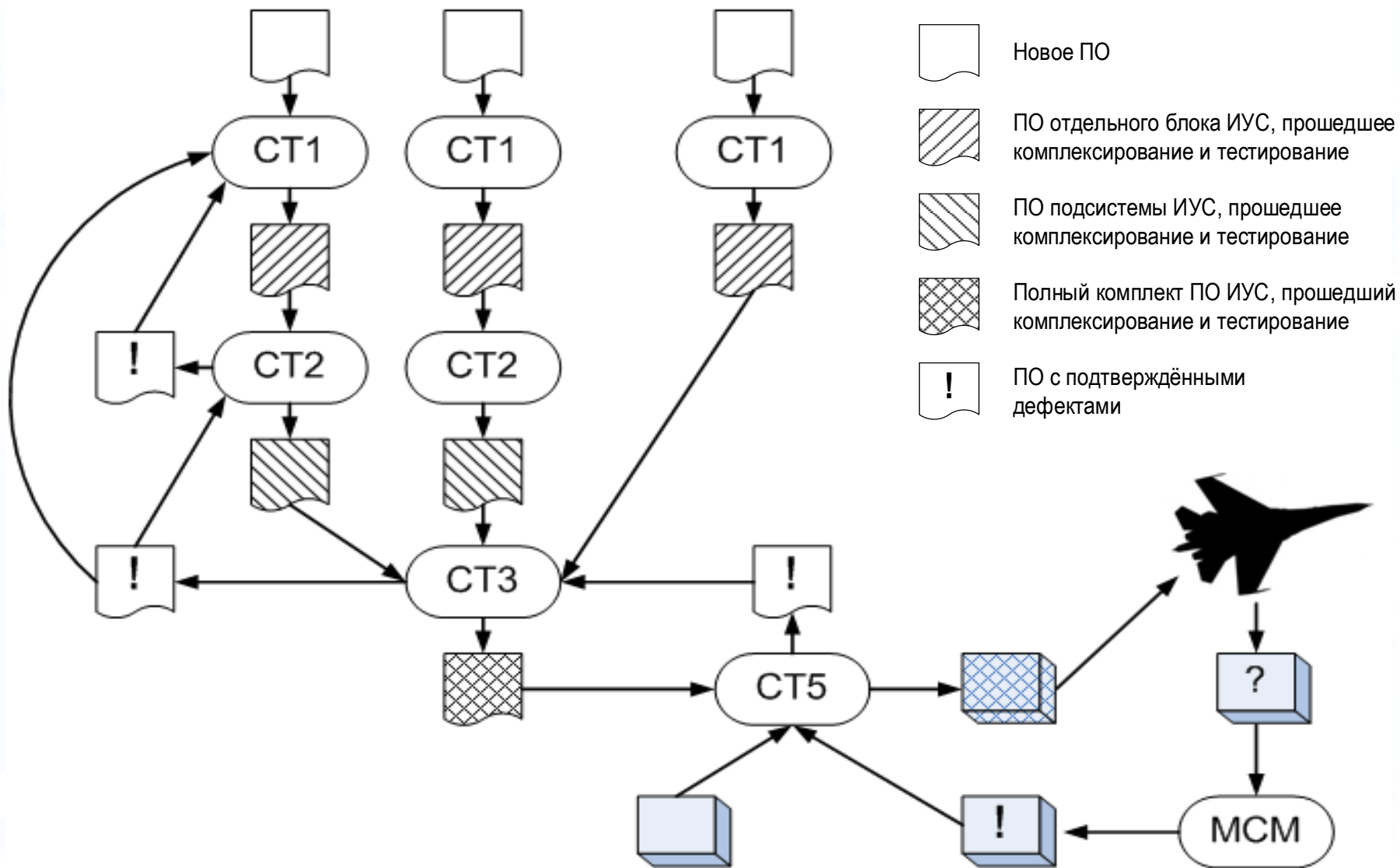
Адаптеры бортовых
интерфейсов
(MIL STD-1553B,
Fibre Channel и др.)

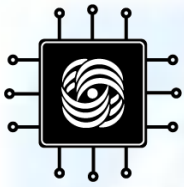


Мобильный коммутатор
Fibre Channel



Технологический цикл применения семейства стандов отработки ИУС





Технологический цикл применения семейства стандов отработки ИУС

Обозначения

Программное обеспечение (ПО)



Новое ПО



ПО отдельного блока ИУС, прошедшее комплексирование и тестирование



ПО подсистемы ИУС, прошедшее комплексирование и тестирование



Полный комплект ПО ИУС, прошедший комплексирование и тестирование



ПО с подтверждёнными дефектами

Стенды



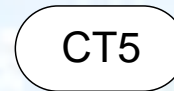
Станд тестирования и отладки ПО отдельного блока ИУС



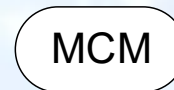
Станд тестирования и отладки ПО нескольких сопряжённых блоков ИУС



Станд комплексирования и приёмосдаточных испытаний ИУС

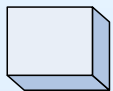


Станд приёмосдаточных испытаний серийных комплектов ИУС



Мобильная рабочая станция мониторинга и тестирования блоков ИУС

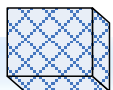
Аппаратура



Новые серийные образцы блоков ИУС



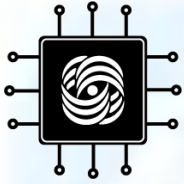
Комплект ИУС, предположительно имеющий дефекты



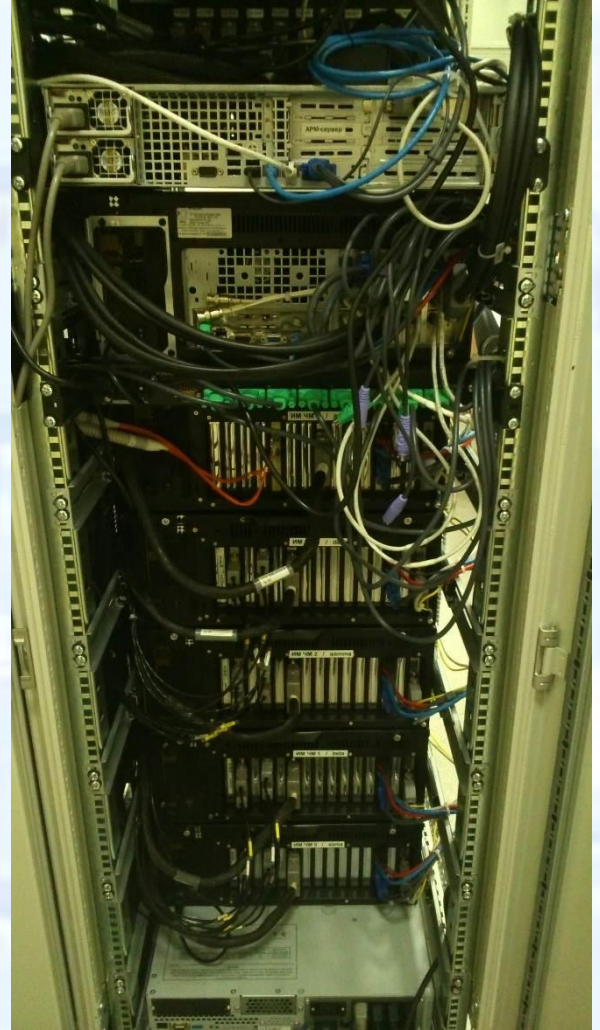
Комплект аппаратуры и ПО ИУС, прошедший комплексирование и приёмосдаточные испытания

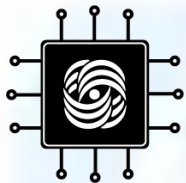


Блок ИУС с выявленными дефектами



Стенд тестирования серийных комплектов ИУС Су-35



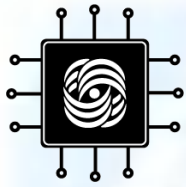


Стенд интеграции ИУС МС-21





- ACIB – Avionics Core Integration Bench



Стенд «Электронная птица»

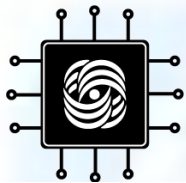


- SIB – System Integration Bench
- Компьютерное моделирование бортового электромеханического оборудования

Стенд «Железная птица»



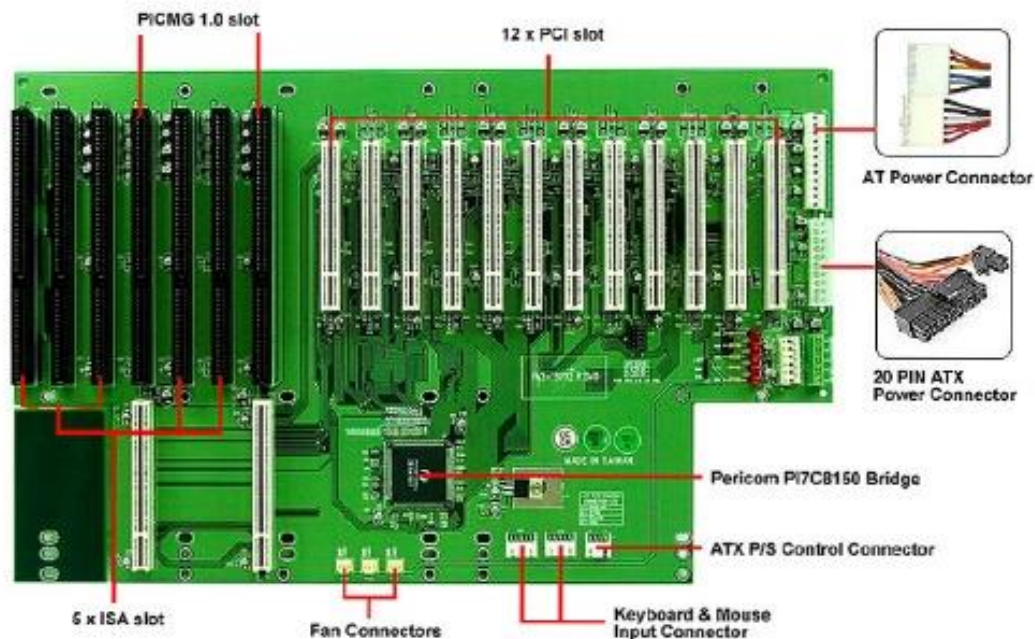
- Установлена большая часть электромеханического оборудования
- «Самолёт на полках», дальше – прототип самолёта в сборе

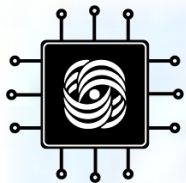


Аппаратная база стенда

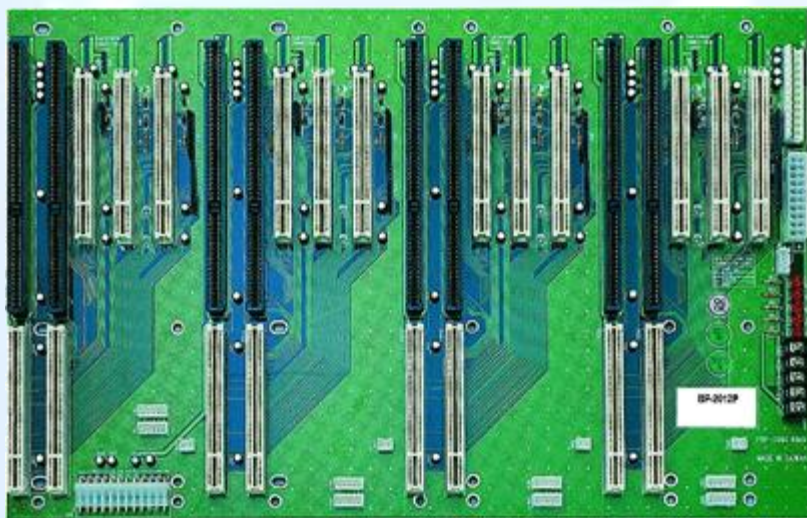
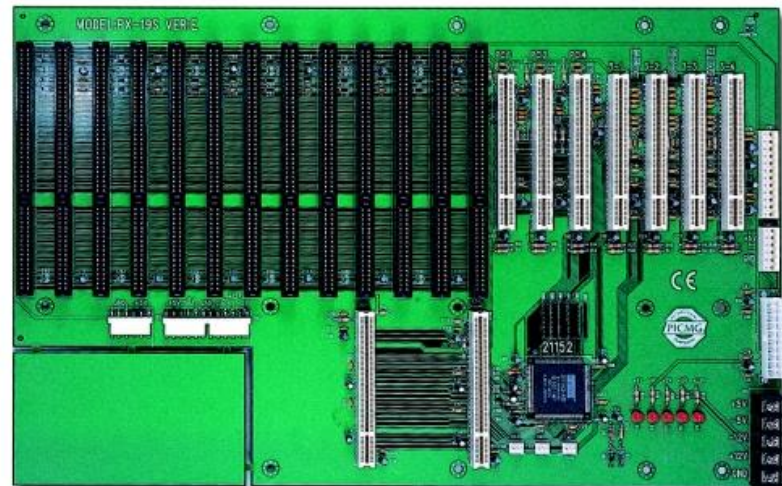


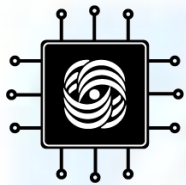
- Промышленные компьютеры (PICMG)
- Платы-расширители шин
 - ISA
 - PCI
 - PCI Express
- Процессорные платы
- Адаптеры бортовых интерфейсов





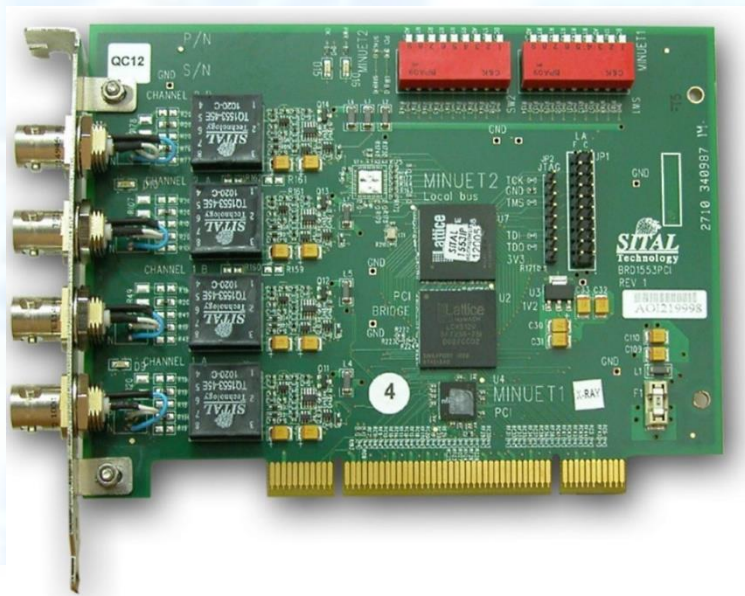
Аппаратная база стенда



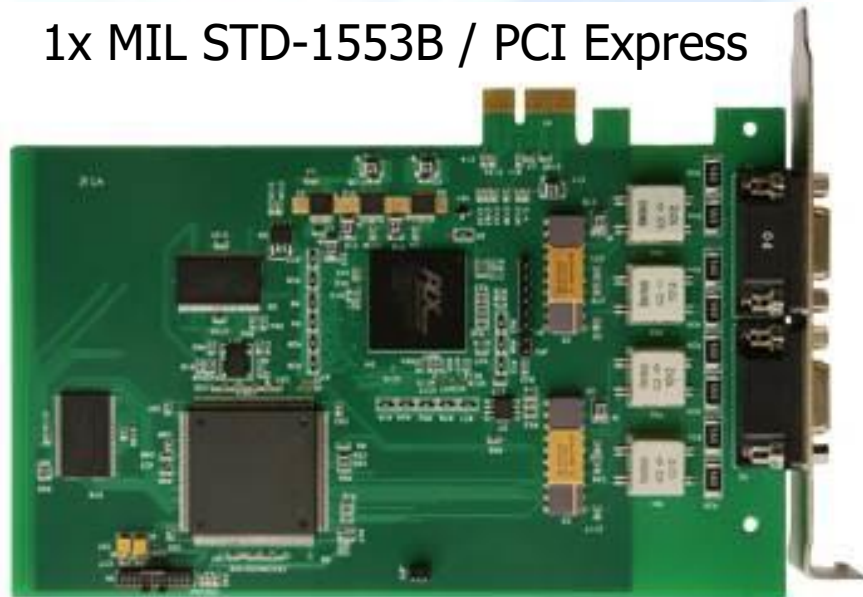


Аппаратная база стенда

2x MIL STD-1553B / PCI

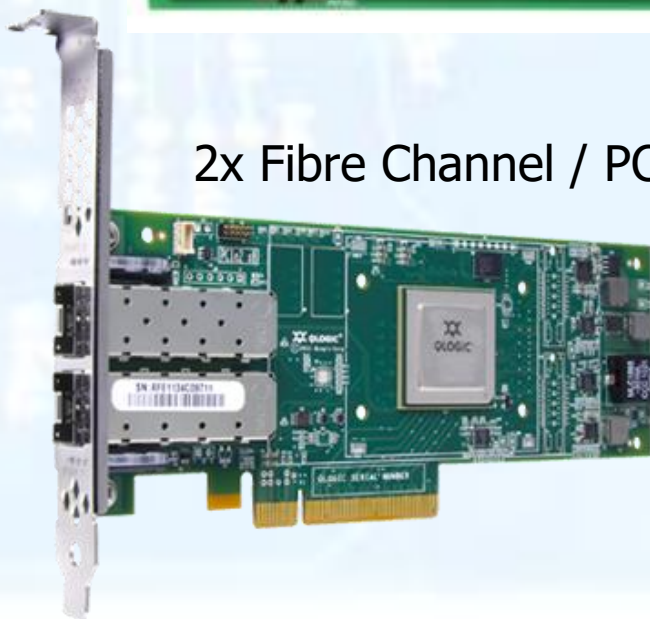


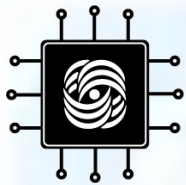
1x MIL STD-1553B / PCI Express



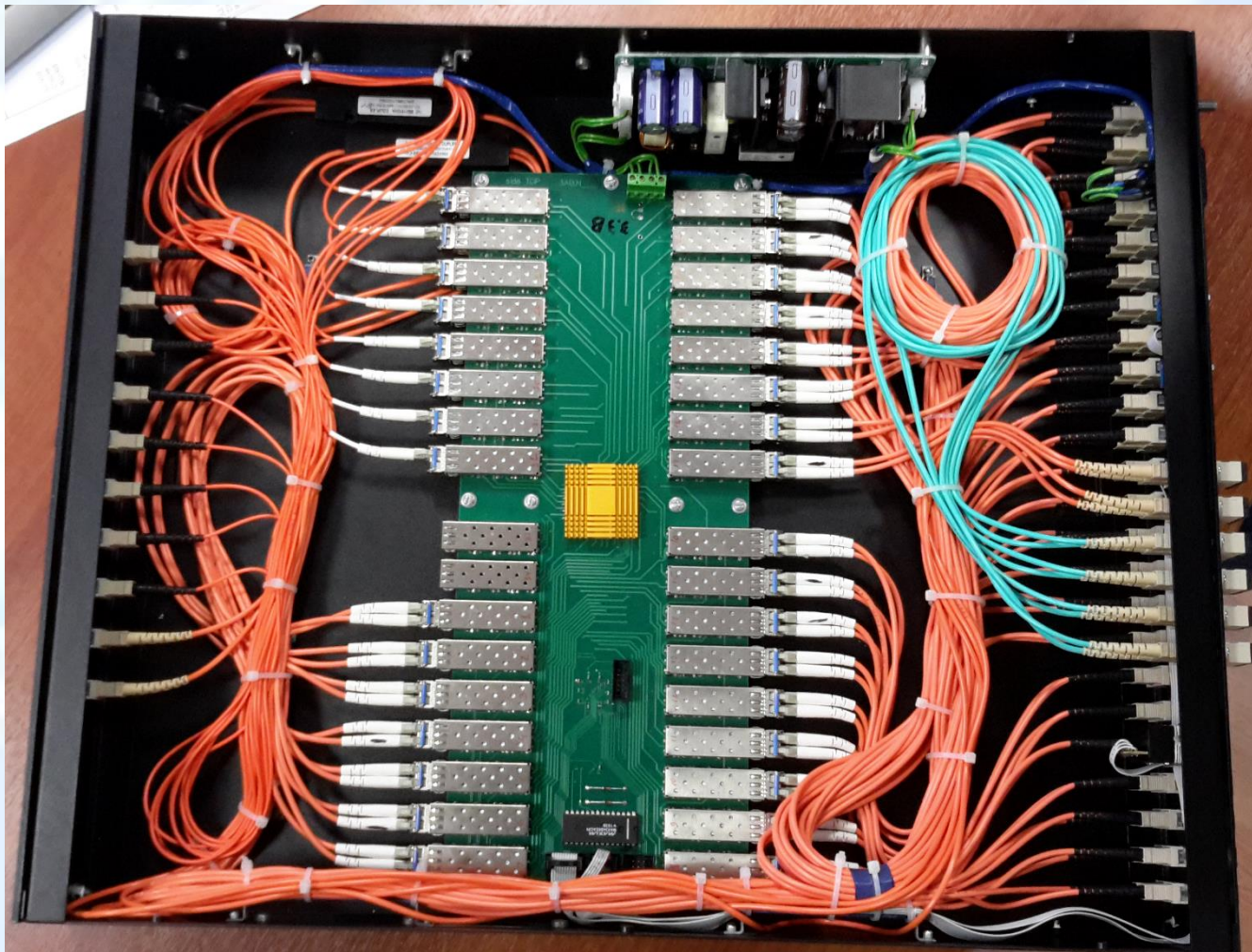
16T16R
ARINC 429 / PCI

2x Fibre Channel / PCI Express

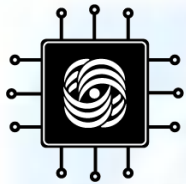




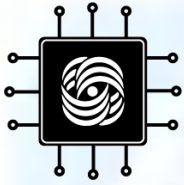
Аппаратная база стенда



- Программируемый коммутатор Fibre Channel
- Оптический сигнал преобразуется в электрический
- Коммутация электрического сигнала при помощи ПЛИС

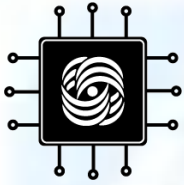


Архитектура имитационной среды стенда



Требования, определяющие выбор архитектуры ИС

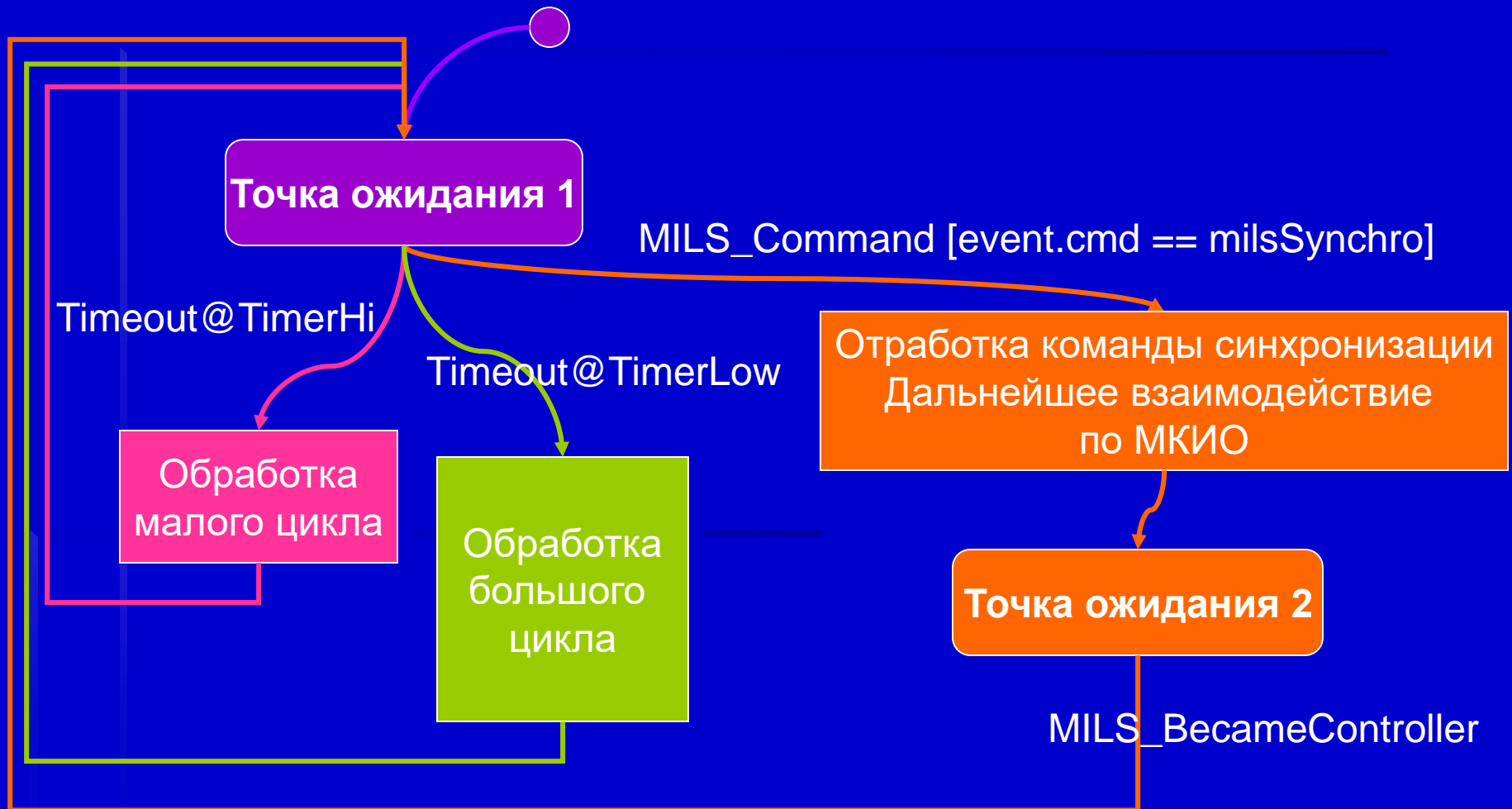
- точность временной привязки:
 - моментов выдачи информации в канал (соблюдение периодов выдачи, циклограмм обмена)
 - моментов обновления выдаваемых значений
 - моментов обновления принимаемых значений, а также приема команд управления
- возможность написания компонентов моделирования (КМ: тестовые сценарии, имитационные модели) со сложным поведением
 - аperiodическая работа
 - реагирование на внешние события
- возможность написания КМ во внешних средах программирования (ЯВУ, в т.ч. скриптовые языки; графические среды)

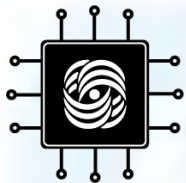


Дискретно-событийная ИС

- Требования:
 - высокая (сотни мкс / единицы мс) точность временной привязки выдачи информации, обновления и приема значений
 - Поддержка КМ со сложным поведением
- Архитектура и организация работы ИС
 - любому входному или выходному для КМ воздействию соответствует *событие*
 - источники событий: таймеры, сообщения от других КМ / из каналов БИ
 - событие → тип, время, информационный пакет (с указанием получателя)
 - календарь событий
 - монитор ИС: обработка записей в календаре по возрастанию меток времени
 - обмен параметрами между КМ – через сообщения КМ->КМ, в т.ч. межмашинные
 - асинхронная (в отдельных процессах) работа с адаптерами каналов БИ, в т.ч. асинхронная отработка циклограмм и периодической выдачи в каналы
- Специфика:
 - плотное взаимодействие КМ со средой выполнения (частые события)
 - сложно подключить внешние КМ

Реакция на события: ТОЧКИ ОЖИДАНИЯ

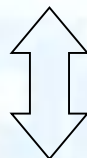




Структура ПО дискретно-событийной ИС

Средство оперативной визуализации и управления экспериментом

ARM



Компоненты моделирования:

- * вычислительная логика
- * упаковка/распаковка сообщений

Монитор событий

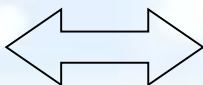
- * календарь событий

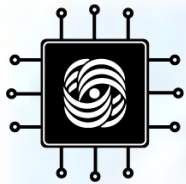
Асинхронная выдача в каналы

Драйверы адаптеров

Инструментальная
машина

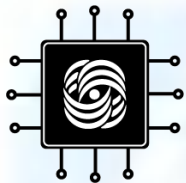
ИУС



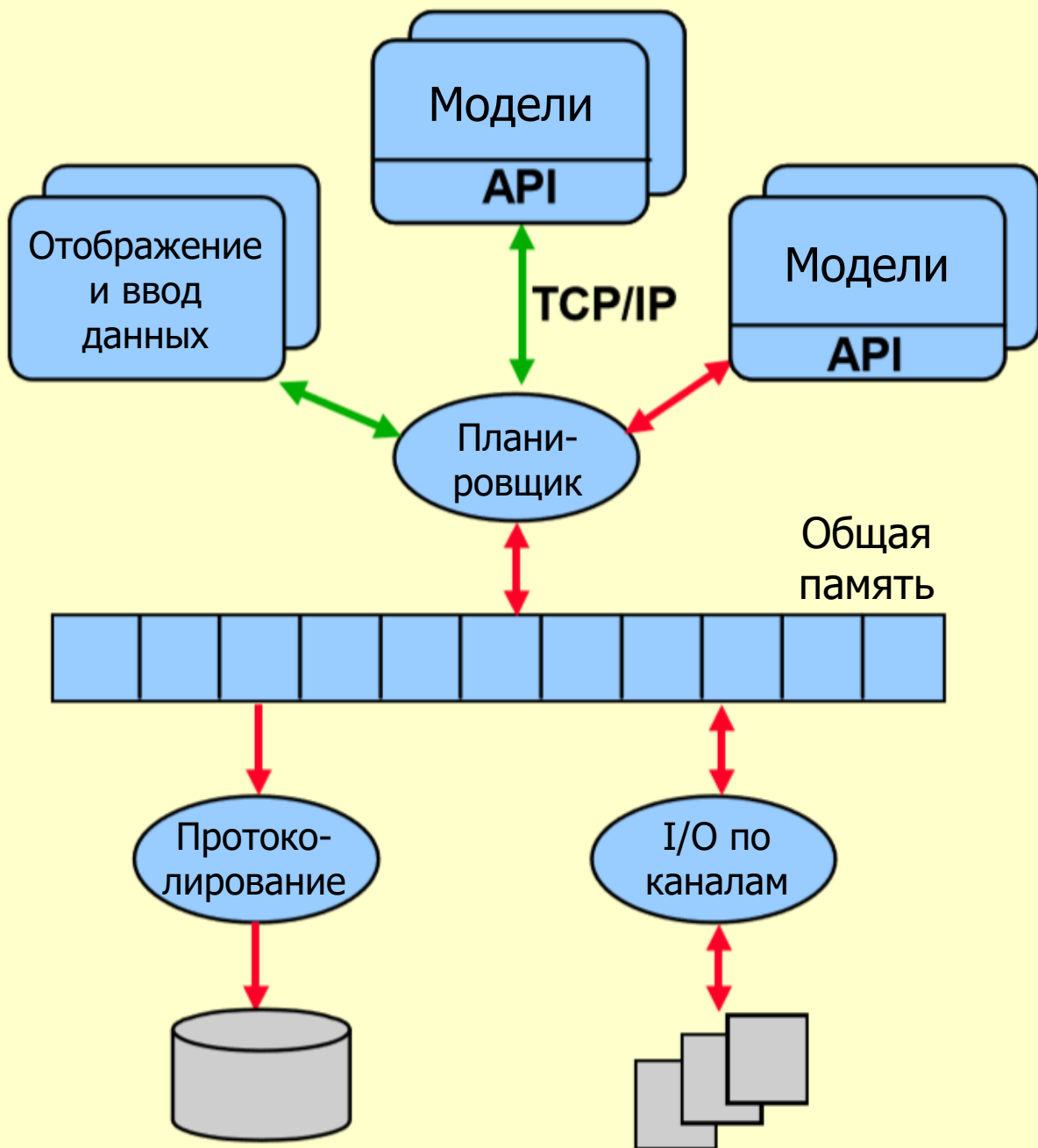


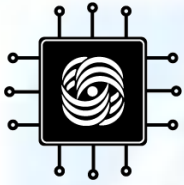
ИС на основе общей памяти

- Требования:
 - высокая точность временной привязки выдачи информации
 - умеренная (десятки мс) точность временной привязки обновления и приема значений
 - максимальная простота реализации КМ, в т.ч. подключения внешних КМ
- Архитектура и организация работы ИС
 - общее поле параметров (автоматическая синхронизация), подписка КМ на чтение и запись
 - внутренние КМ: строго периодический запуск, в начале итерации получают "свежий" снимок входных параметров, в конце – выполняют запись выходных параметров
 - внешние КМ: работают с общим полем параметров через стандартный API (подписка, чтение, запись); выполняются *не* под управлением ИС
 - асинхронная работа с адаптерами каналов БИ (системные КМ)
- Специфика:
 - ИС не подходит для реализации КМ со сложным поведением и точной временной привязкой действий, в т.ч. реакций на внешние воздействия
 - ориентация на широкое применение внешних КМ, разрабатываемых «неспециалистами»



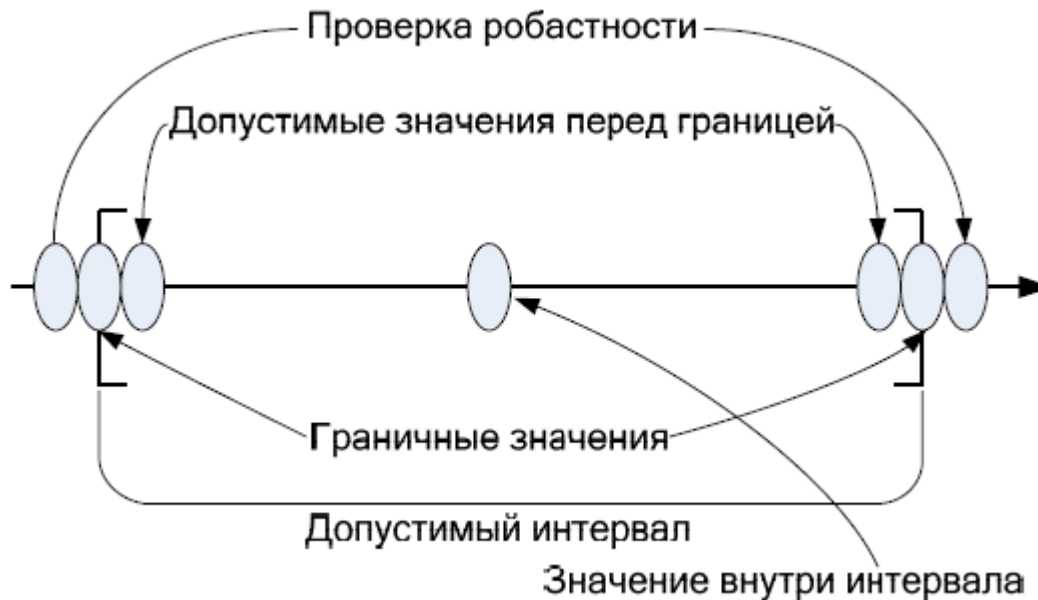
Структура ПО ИС на основе общей памяти

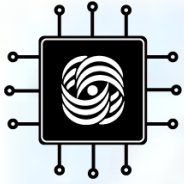




Выбор тестовых значений

- Для проверки каждого входного параметра ИУС
 - Значение внутри диапазона,
 - Минимальное значение диапазона,
 - Минимальное значение диапазона + 1,
 - Максимальное значение диапазона,
 - Максимальное значение - 1.
- Проверка устойчивости к выходу за диапазон
 - Минимальное значение диапазона - 1
 - Максимальное значение диапазона + 1





Спасибо за внимание!