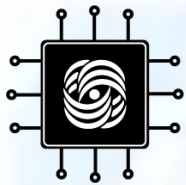


ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Лекция 1: *Введение в ИУС РВ*

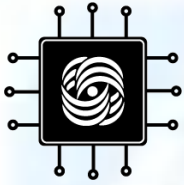
Кафедра АСВК,
Лаборатория Вычислительных Комплексов
Балашов В.В.



ИУС РВ

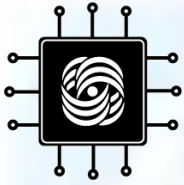
Сложные технические объекты
управляются распределёнными ВС





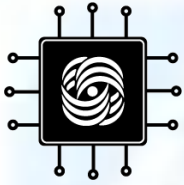
ИУС РВ

- Информационно-управляющая система (ИУС) – вычислительная система верхнего уровня, обеспечивающая:
 - функциональную и информационную интеграцию составных частей управляемого объекта
 - взаимодействие между объектом и оператором
- Функционирует в реальном времени
 - рассчитать результат *правильно* и *вовремя*



Содержание курса

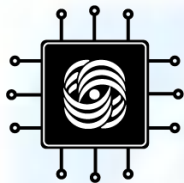
- Что есть:
 - принципы функционирования
 - архитектура аппаратной и программной части
 - основные технические решения
 - подходы к разработке и отладке
 - математические задачи и методы их решения
- Чего нет:
 - конкретные API
 - подробности протоколов
 - наборы команд процессоров
 - ...RTFM



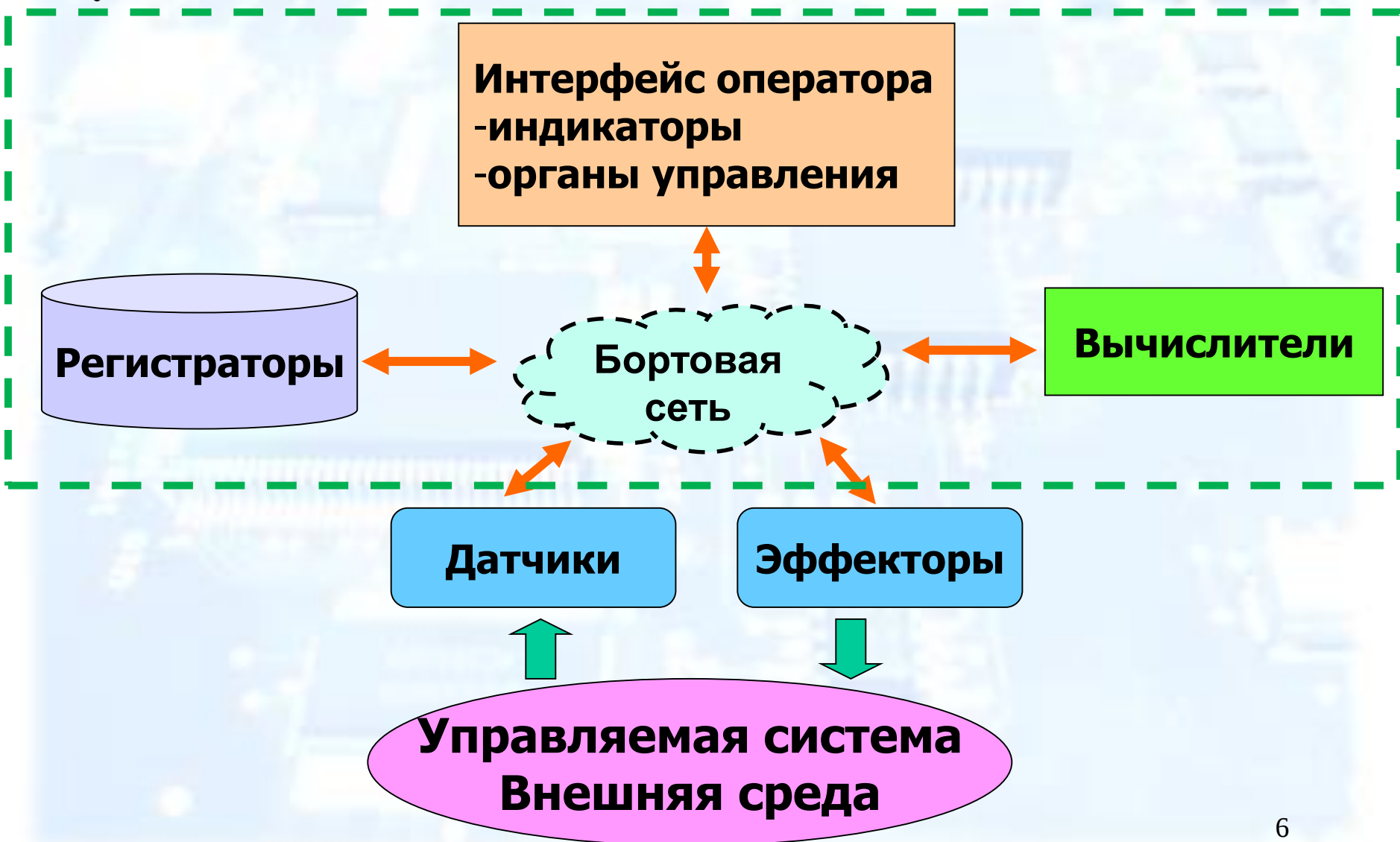
Где это пригодится

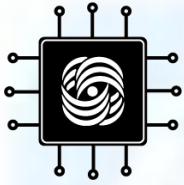
- Области:
 - автоматизация производства, энергетика, наземный транспорт, авиация/космос, «умный» дом
- Задачи:
 - проектирование, разработка, тестирование, сопровождение, модернизация
- Вклад:
 - создание средств решения задач
 - решение задач

Особенность: передний край



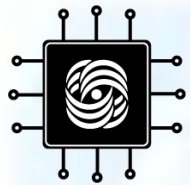
Состав ИУС



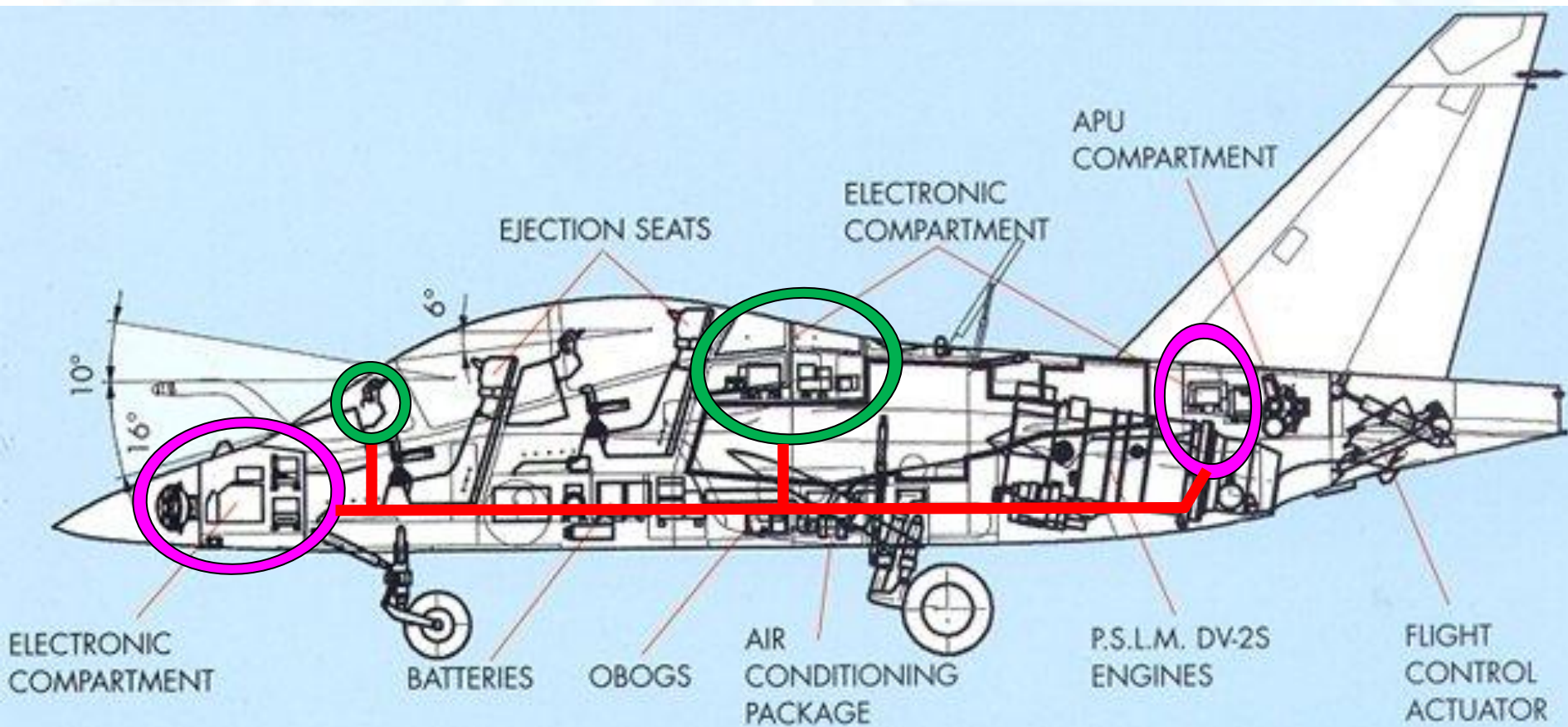


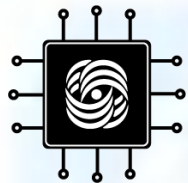
Функции ИУС

- 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



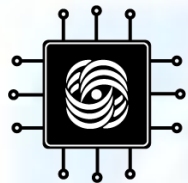
ИУС в управляемой системе



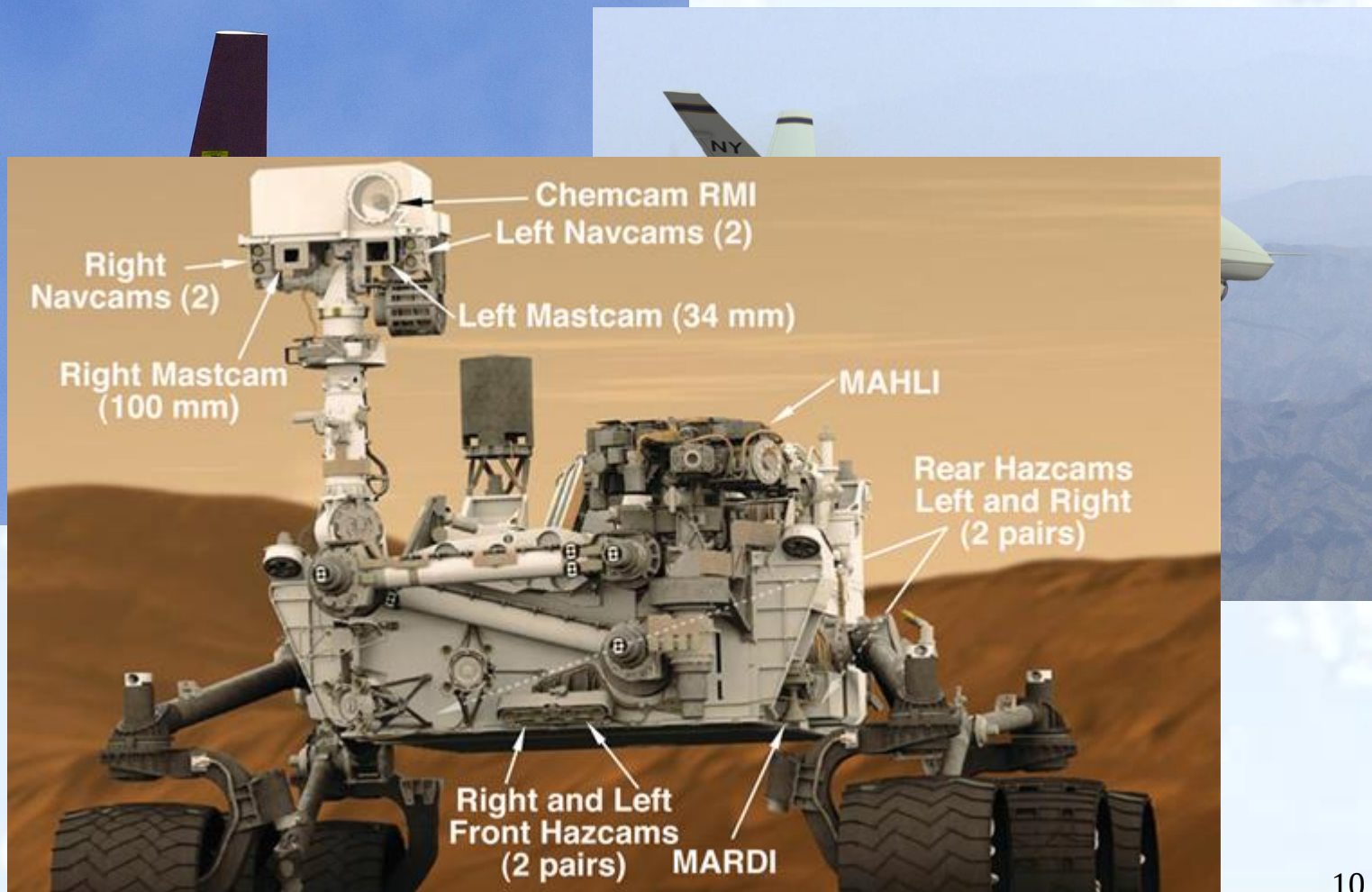


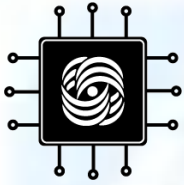
Устройства в составе ИУС





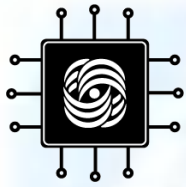
Прикладная нагрузка (вне ИУС)





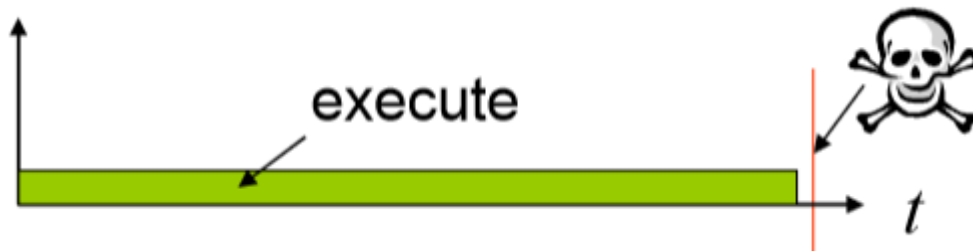
Специфика ИУС

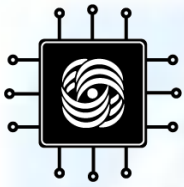
- Работа в реальном времени
 - ориентация на «наихудшие» случаи
- Непрерывное функционирование
- Параллелизм
 - управлять одновременно многим
- Интеграция с управляемой системой
- Критичность для управляемой системы
 - высокая цена ошибки
- Устойчивость к сбоям
- Ограниченное участие оператора
- Предсказуемое поведение
- «Экстремальные» условия работы
- Ограничения по ресурсам
- Координация между ИУС взаимодействующих объектов



Работа в реальном времени

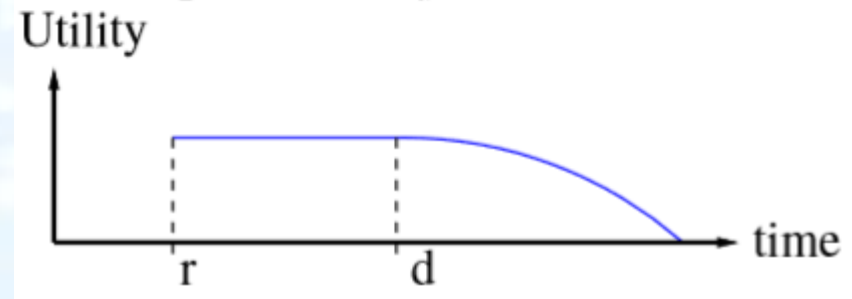
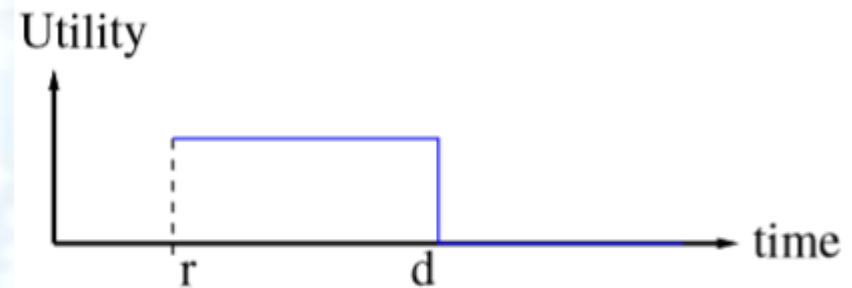
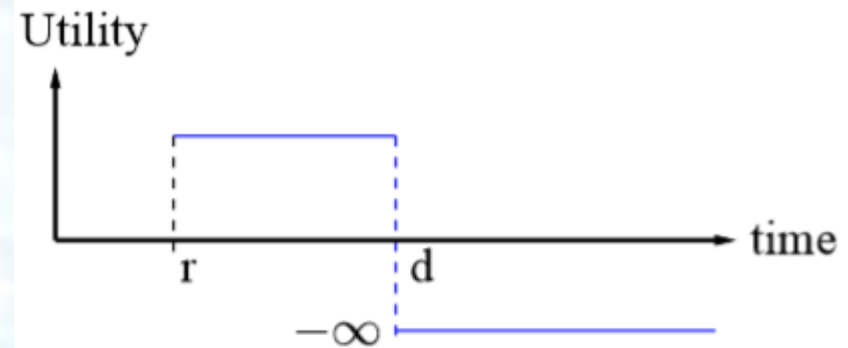
- Реагирующая система (reactive system) – ВС, функционирующая в постоянном взаимодействии с внешней средой и отвечающая на внешние воздействия в темпе, определяемом внешней средой
- Реакция на каждое воздействие должна укладываться в *директивный срок*

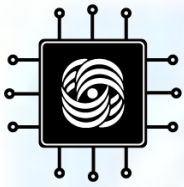




Градации требований реального времени

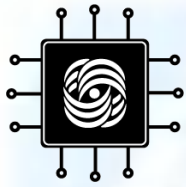
- Жёсткое (hard) РВ: нарушение ДС приводит к фатальным последствиям для управляемой системы (управление полётом)
- Промежуточный вариант (firm): нарушение ДС приводит к бесполезности результата, без фатальных последствий
- Мягкое (soft) РВ: нарушение ДС приводит к постепенному снижению ценности результата (автомобильный навигатор)





Распространённые заблуждения

- Работа в реальном времени = быстрая работа
 - своевременность важнее быстродействия
 - предсказуемость и надёжность важнее быстродействия
- Рост производительности процессоров решит все проблемы с реальным временем
 - современные высокопроизводительные процессоры быстры в «среднем» случае, а для РВ критичен наихудший случай
 - тонкая технология производства => ненадёжность в экстремальных условиях
 - источники быстродействия современных процессоров слишком непредсказуемы
- Бессмысленно говорить о работе в реальном времени, если аппаратура может дать сбой
 - постепенная деградация функциональности
 - реконфигурируемость, «сбойные» режимы
- Разработка систем реального времени – чистая инженерия, здесь нет науки
 - вот и посмотрим...



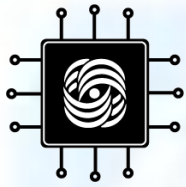
Примеры ИУС РВ

Functions by embedded processing:

- ABS: Anti-lock braking systems
 - ESP: Electronic stability control
 - Airbags
 - Efficient automatic gearboxes
 - Theft prevention with smart keys
 - Blind-angle alert systems
 - ... etc ...
- Multiple networks
 - Multiple networked processors



© P. Marwedel, 2011

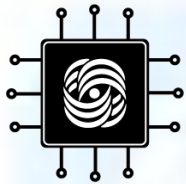


Примеры ИУС РВ

- Flight control systems,
- anti-collision systems,
- pilot information systems,
- power supply system,
- flap control system,
- entertainment system,
- ...



© P. Marvedel, 2011



Примеры ИУС РВ



Networked computer system

- Controlling arms & tools
- Navigating the forest
- Recording the trees harvested
- Crucial to efficient work

“Tough enough to be out in the woods”



産業用 IUS

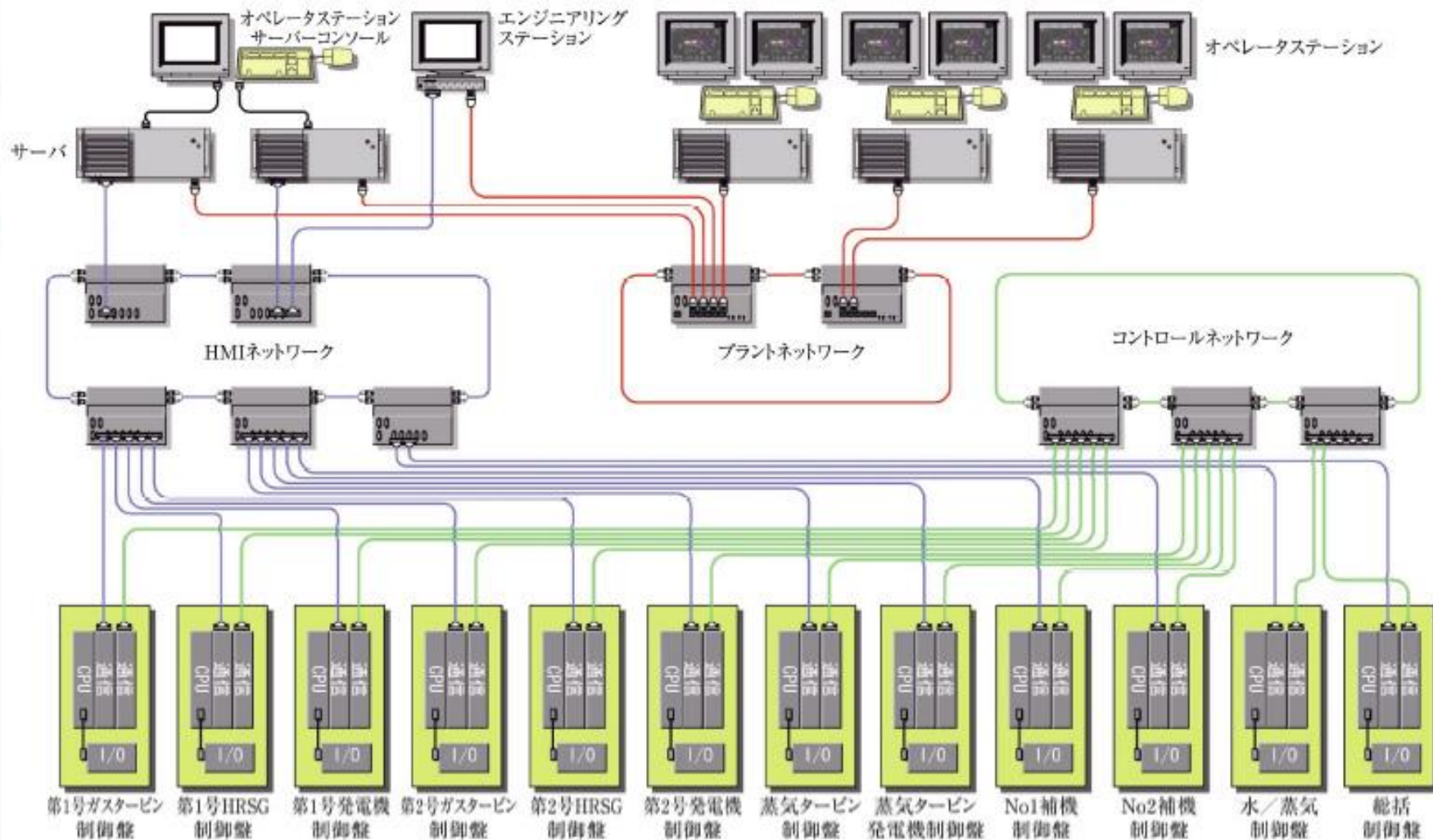
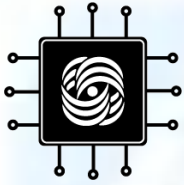


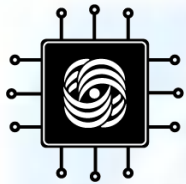
図2 中型発電制御装置のシステム構成例

Fig. 2 System configuration of medium class gas turbine power plant



Эволюция ИУС

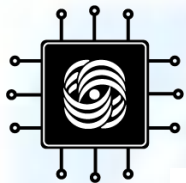
- Полностью аналоговая система
- Центральный вычислитель + аналоговые устройства
- Федеративная архитектура
 - медленные каналы связи (< 1 Мбит/с)
 - специализированные вычислители
 - локальная обработка данных
- Интегрированная модульная архитектура
 - «облако» вычислительных модулей
 - быстрые каналы связи
 - виртуализация сетевых и вычислительных ресурсов



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



ИСТРЕБИТЕЛЬ 5 ПОКОЛЕНИЯ

T-50 PAK FA

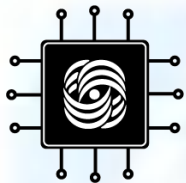


F22A

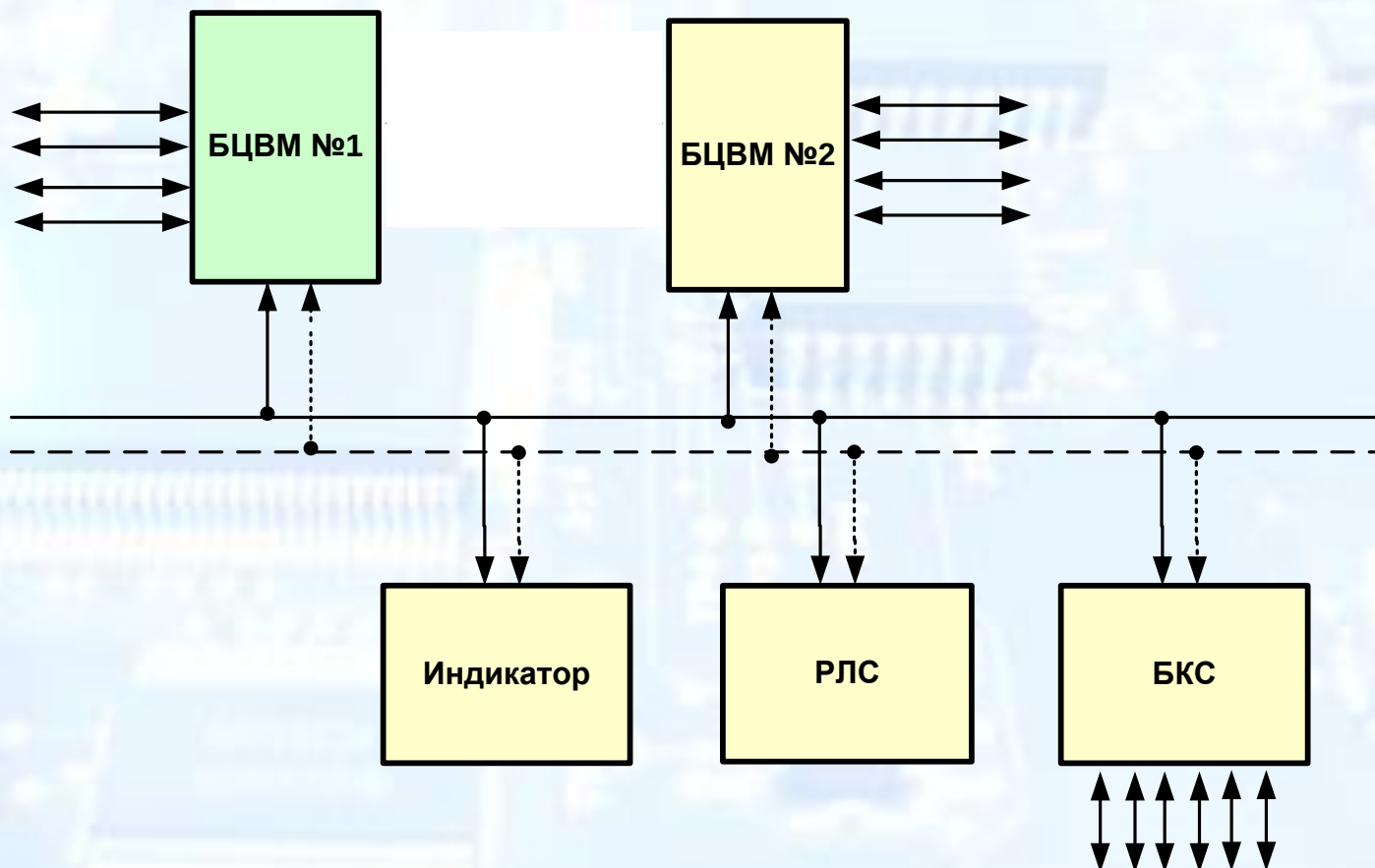


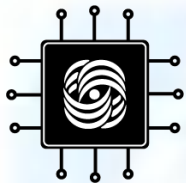
0 1 2 3 4 5m
25 pixel = 1 m



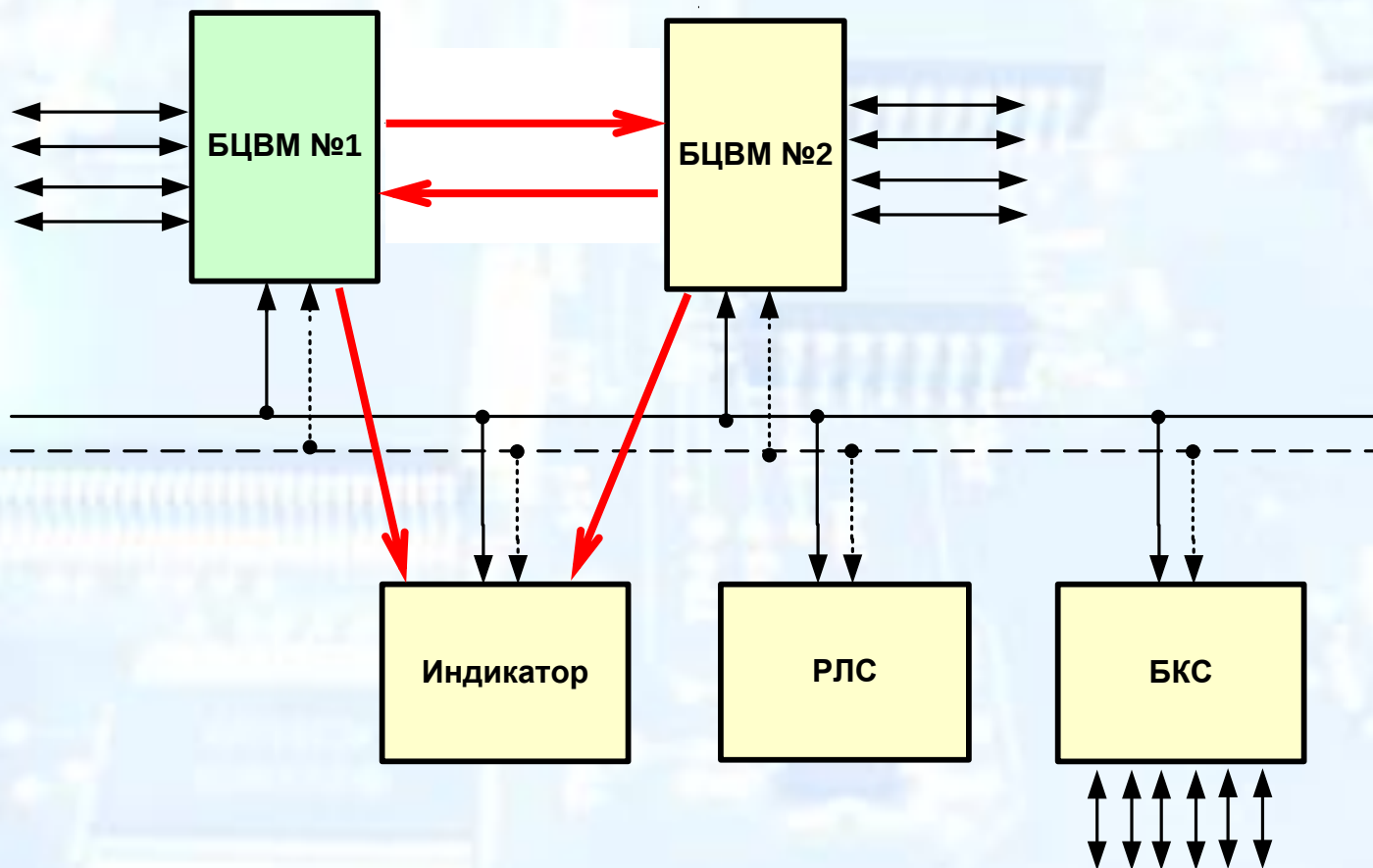


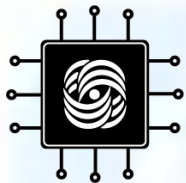
Унаследованная архитектура (4 поколение)



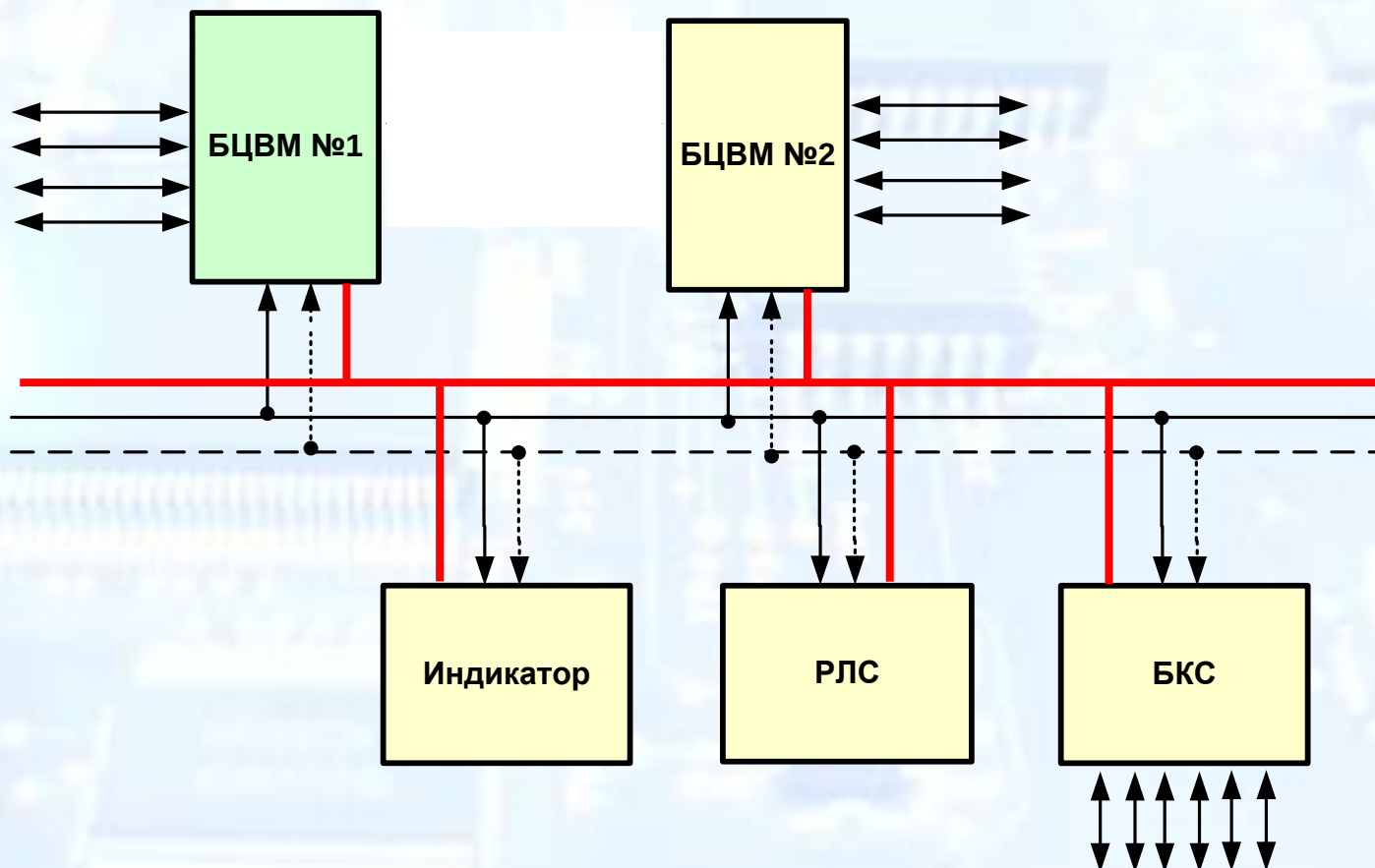


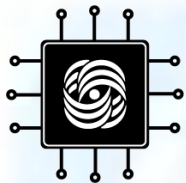
Оптические каналы точка-точка (4+)





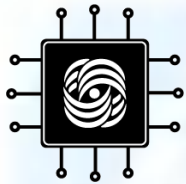
Оптическая магистраль данных (4+)





Интегрированная модульная авионика (5 поколение)

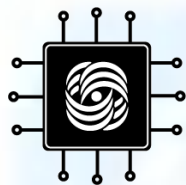




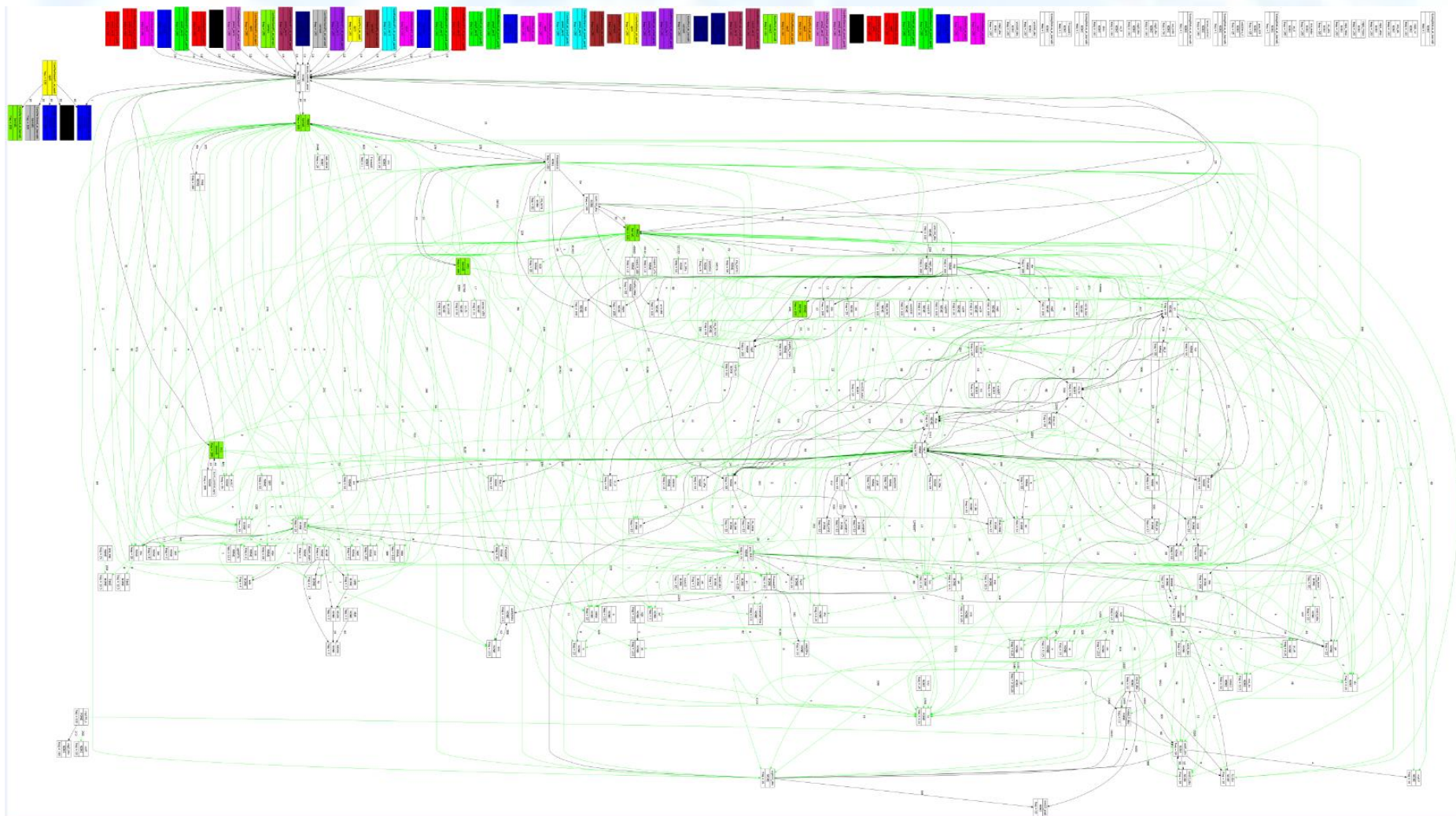
Рост сложности ПО

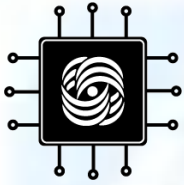
Year	Size
1986	10 KB
1992	100 kB
1998	1 MB
2008	15 MB

- Управляющее ПО телевизора
- Экспоненциальный рост
- ПО ИУС РВ – те же темпы, критичность выше



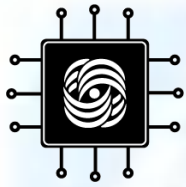
ПО БЦВМ Т-50



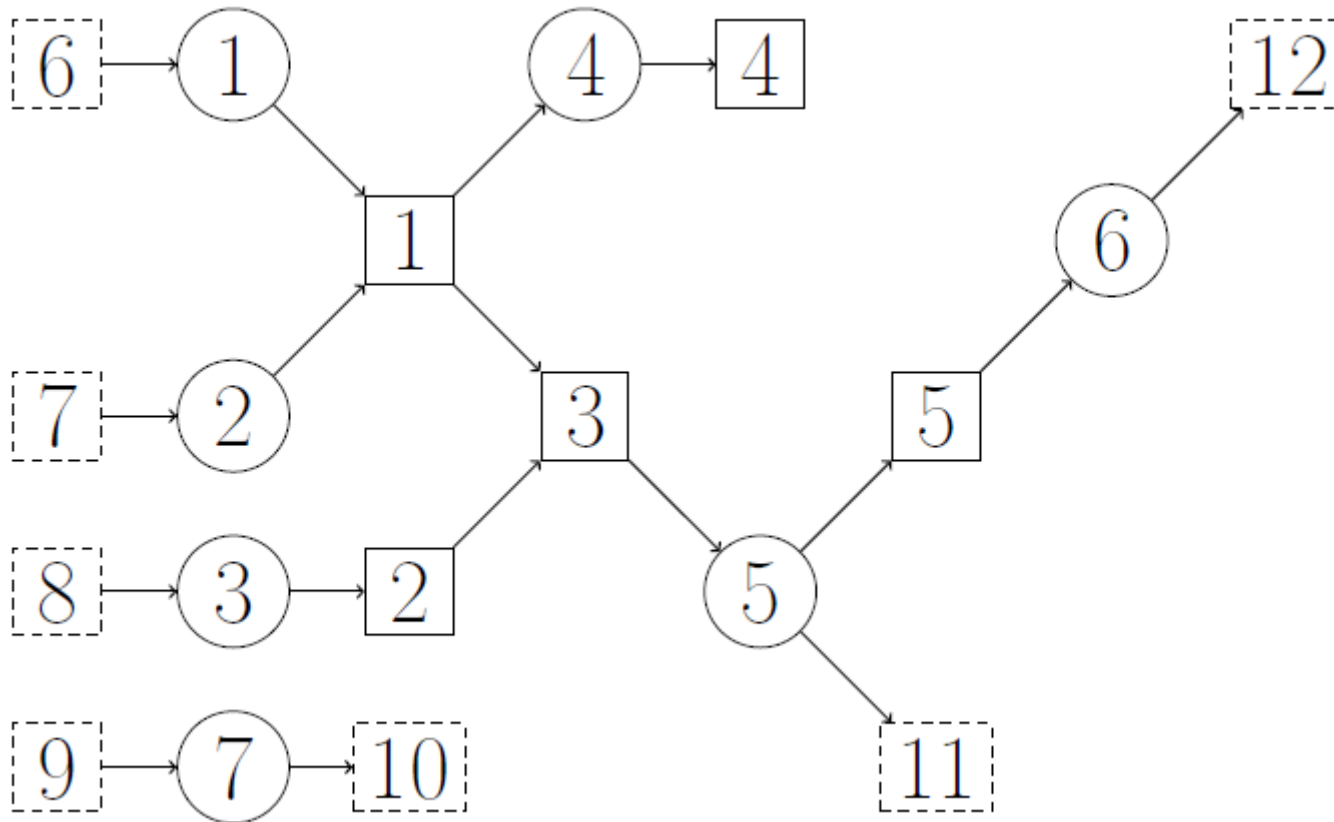


Информационное сопряжение вычислительных задач

- Интерфейс задачи:
 - входные и выходные параметры
- Обмен между задачами в одном блоке
 - синхронные зависимости по данным
- Обмен по каналам передачи данных
 - сообщения
 - расписание обмена



Функционирование ИУС в реальном времени





Жизненный цикл ПО ИУС

Входные данные на следующий инкремент (дополнительный функционал)

Базовый, повторяющийся элемент инкрементальной модели ЖЦ

Замечания на версию

Фаза планирования

Ввод системы в эксплуатацию

Разработка системных требований

Системное тестирование

Разработка архитектуры системы

Системная интеграция

Разработка требований на ПО высокого уровня

Функциональное тестирование

Разработка требований на ПО низкого уровня

Тестирование компонентов ПО

Кодирование, отладка и интеграция ПО

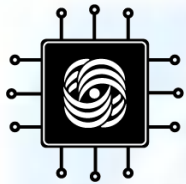
Тестирование, интеграция, отработка

Информационное сопряжение

Специфика инкрементальной модели

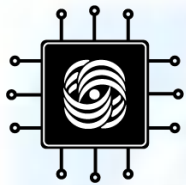
Системные активности

Активности по разработке ПО



Инструментальные средства

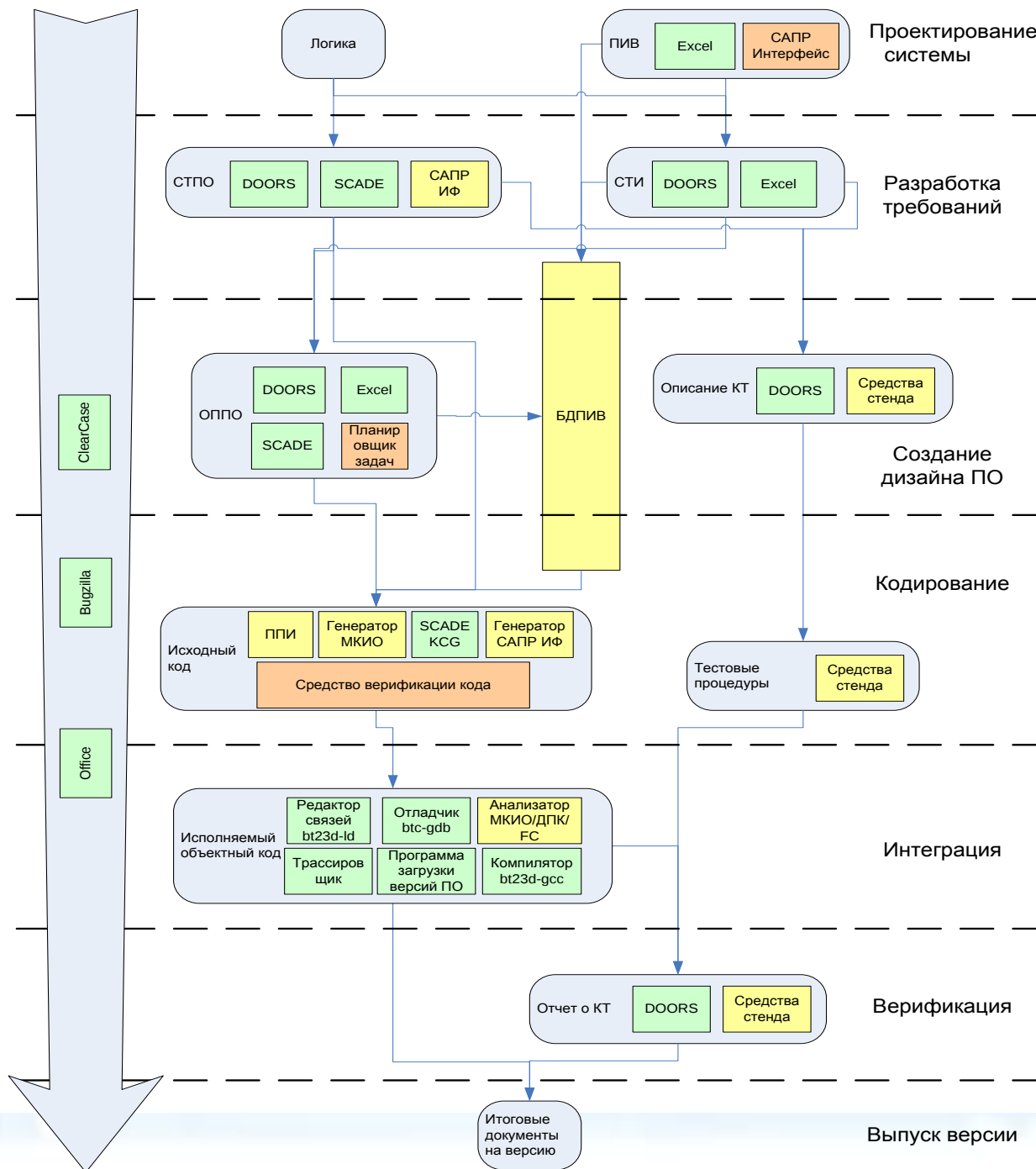
- разработка требований
- управление версиями
- отслеживание проблем и изменений
- поддержка сопряжения подсистем ПО
- проектирование индикационных форматов
- проектирование алгоритмов
- построение расписаний
- конфигурирование сред обмена данными
- верификация и тестирование ПО ИУС

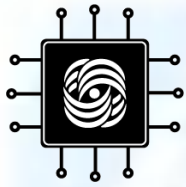


Цепочка средств разработки бортового ПО

- Сквозная поддержка ЖЦ, включая активности на всех фазах
- Сопряжение «вход-выход» с обеспечением совместимости форматов данных
- Особое внимание на переходы между фазами
 - требуется фиксация выходных артефактов

Цепочка средств разработки бортового ПО





Тестирование ИУС

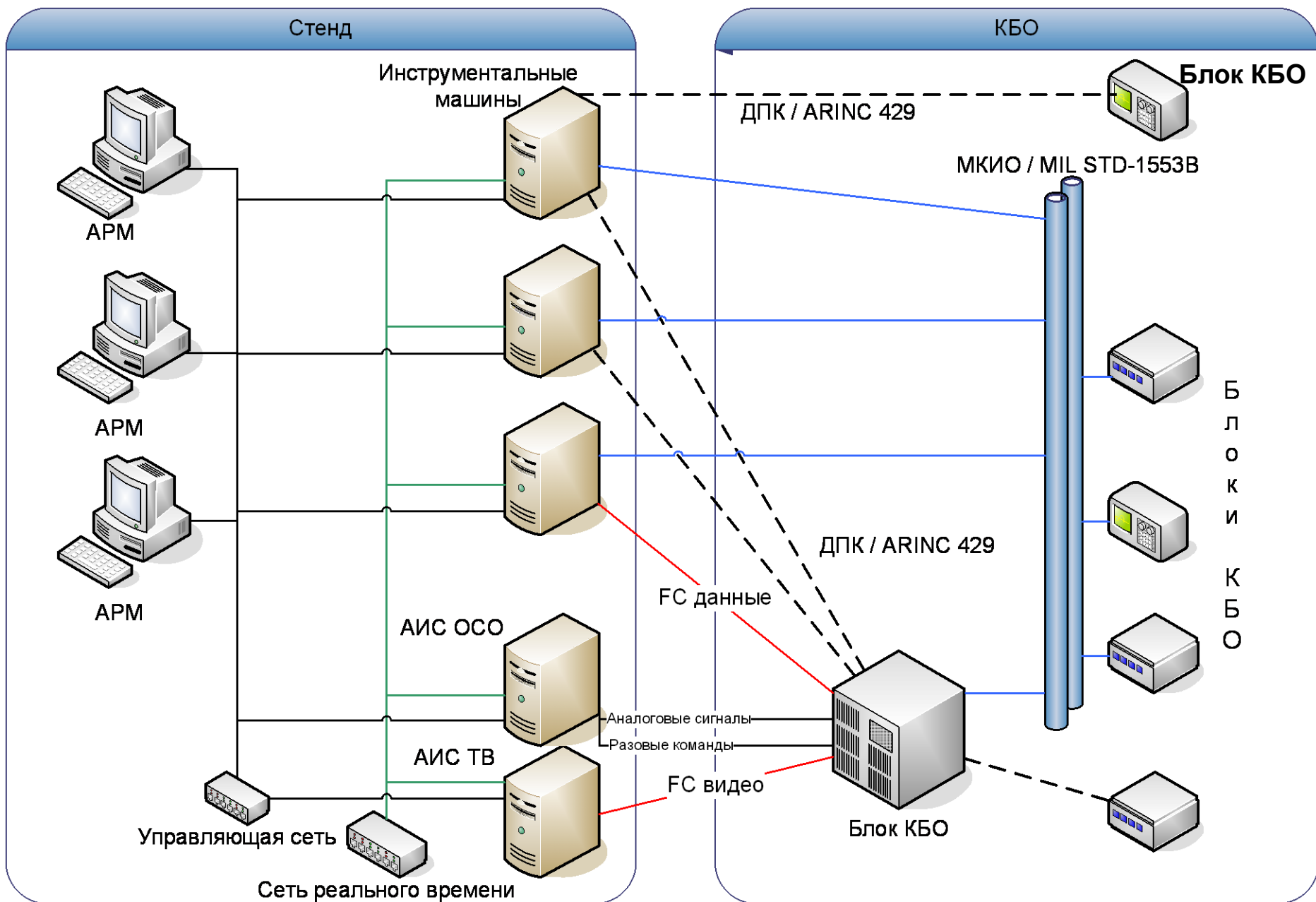
Цена ошибки: Ariane-5

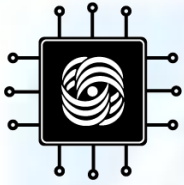
- Июнь 1996 года, взрыв ракеты спустя 40 сек. после старта,
- Ущерб – \$500млн (разработка – \$7 млрд.),
- Причина – 64bit float -> 16bit int.



*Кажется,
что-то
пошло не
так...*

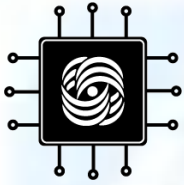
Тестирование ИУС





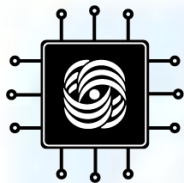
Математические задачи

- Выбор оптимальной конфигурации ИУС РВ
 - требования реального времени
 - требования надёжности
 - ограничения по ресурсам
- Построение расписания вычислений
- Построение расписания обмена данными
- Конфигурирование коммутируемой среды обмена данными
- Верификация работы ИУС РВ (доказательная)
 - функциональная
 - временная
- Генерация тестовых покрытий



Далее...

- Планирование выполнения задач в ИУС РВ
- Доказательство выполненности требований РВ к выполнению задач
- Оценка наихудшего времени выполнения программ
- Конфигурирование сред информационного обмена, доказательство выполненности требований РВ к обмену



Спасибо за внимание!