



ЭКСПОНЕНТА
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ



Разработка систем управления реального времени

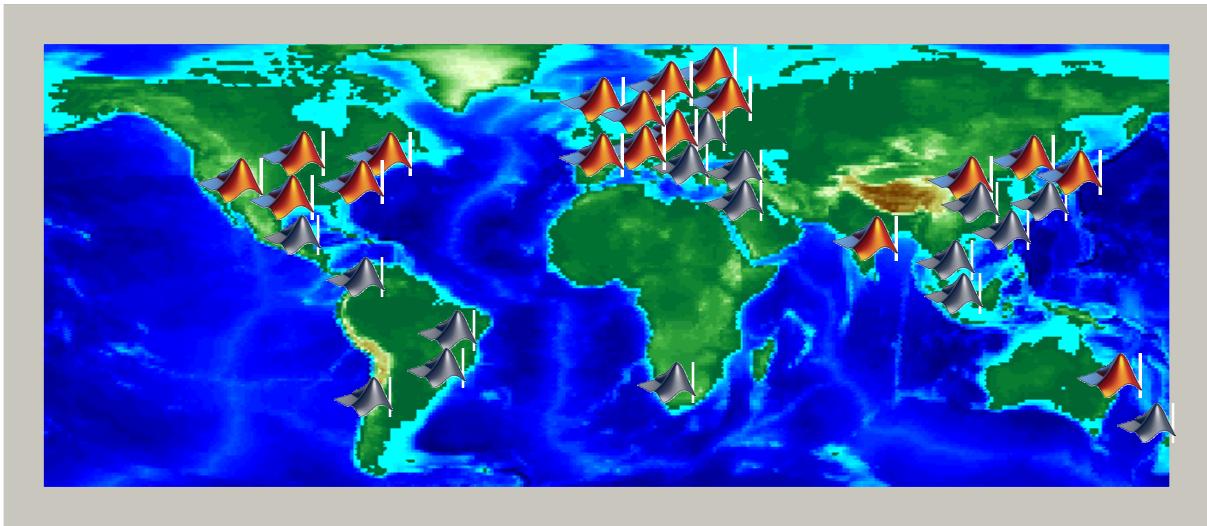
Песельник Михаил,
Экспонента

Темы вебинара

- Введение в модельно-ориентированное проектирование
- Что такое тестирование в реальном времени?
- Запуск моделей Simulink в реальном времени на ОСРВ Simulink Real-Time и КПМ РИТМ
- Возможности Simulink Real-Time и КПМ РИТМ
- Автономная работа моделей Simulink на КПМ РИТМ

Компания MathWorks

- Международная компания:
HQ: Natick, MA USA
- Более 4500 сотрудников по всему миру
- Дистрибуторы в 25 странах мира
- Более двух миллионов пользователей ПО MathWorks по всему миру



Топографическая карта создана с помощью инструмента MATLAB Mapping Toolbox

Решения MathWorks являются стандартом для разработки и отладки сложных алгоритмов, а также встраиваемого ПО различной направленности

Центр инженерных технологий и моделирования Экспонента

- Оказание услуг по **внедрению Модельно-Ориентированного Проектирования**
- **Заказная разработка** встраиваемых систем
- Поставка **программного и аппаратного обеспечения** для моделирования и разработки
- Проведение **профессионального обучения** по разработке систем управления, связи, радиолокации, машинного зрения и аналитических систем

Контакты:

- E-mail: info@exponenta.ru
- Тел.: +7 (495) 009 65 85



Дополнительная информация:

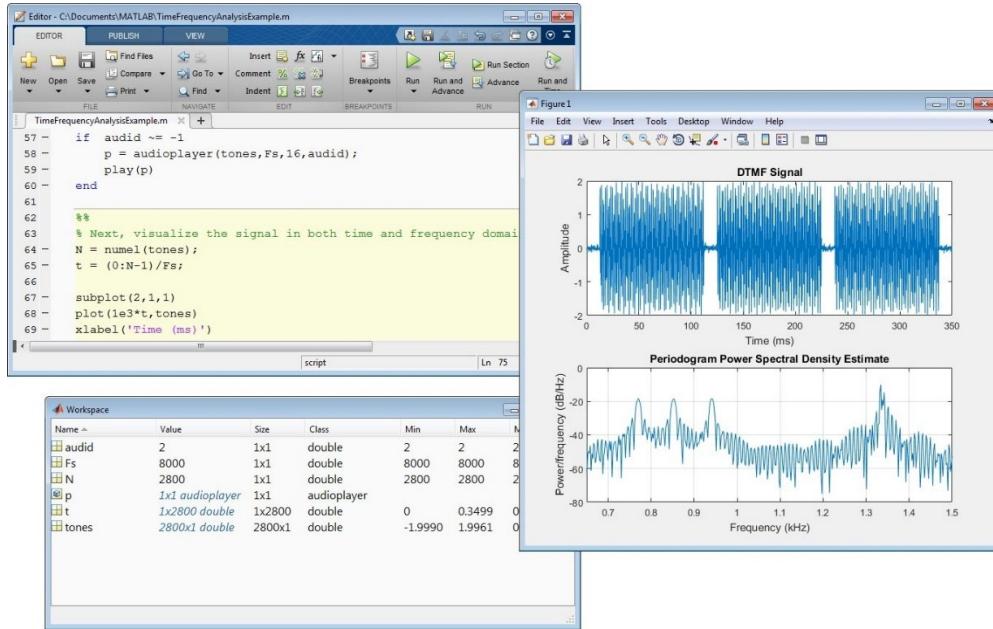
- Наш сайт exponenta.ru
- Наш Youtube канал [MATLABinRussia](https://www.youtube.com/MATLABinRussia)

10 лет на рынке
встраиваемых систем

MATLAB®

Лидирующая среда для технических расчетов

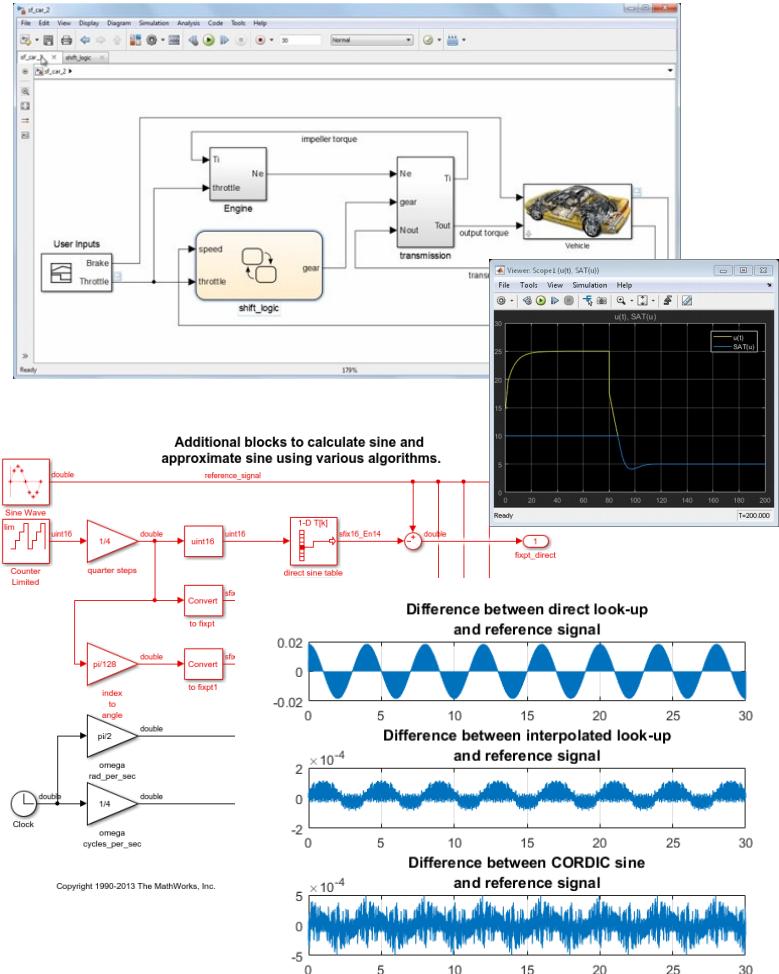
- *de facto* индустриальный стандарт, высокуюровневый язык программирования для разработки алгоритмов
- Численные расчеты
- Анализ данных и визуализация
- Пакеты инструментов для обработки сигналов, обработки изображений, статистических расчетов, оптимизации, символьной математики
- Основа всех продуктов MathWorks



SIMULINK®

Лидирующая среда для моделирования, симуляции, разработки динамических и встраиваемых систем

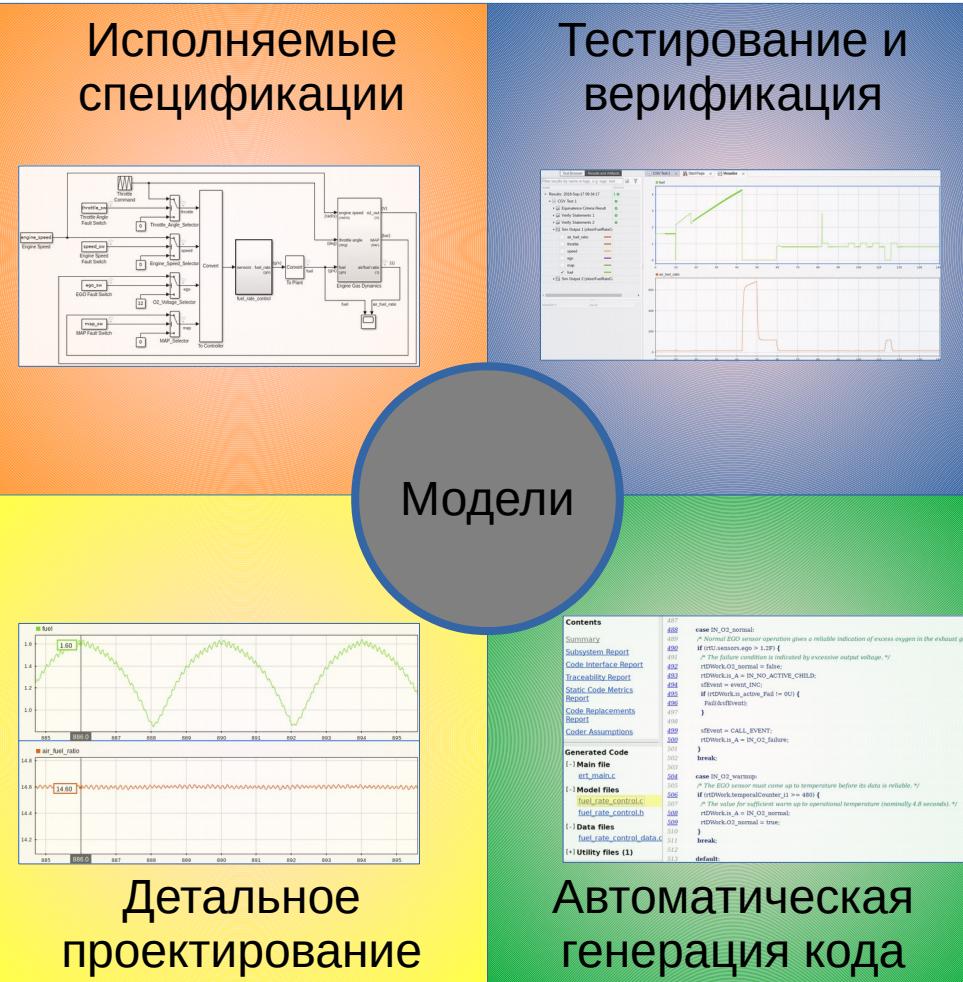
- Линейные, нелинейные, дискретные, непрерывные, гибридные и многочастотные системы
- Решения для систем управления, обработки сигналов, систем связи и других областей с применением системного инжиниринга
- Основа для Модельно-Ориентированного Проектирования



Модельно-ориентированное проектирование

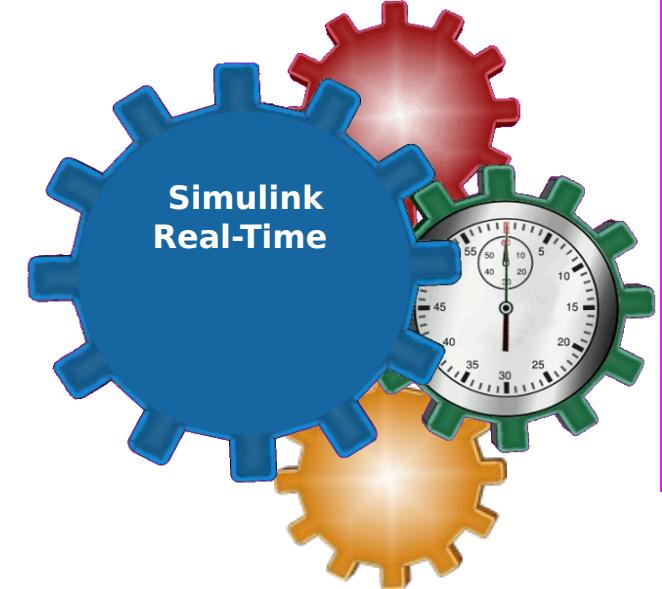
Системные модели

- Результаты однозначно интерпретируются
 - Один «источник правды»



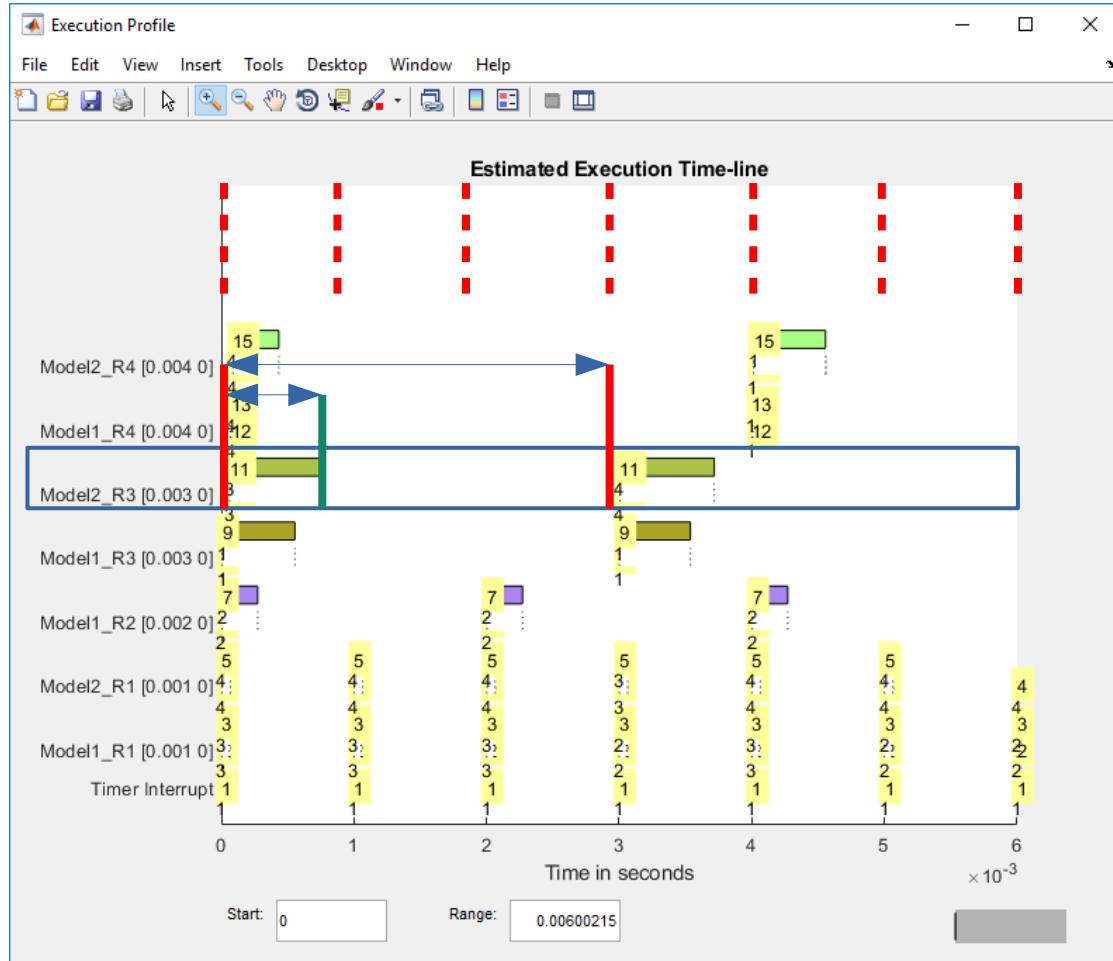
Что такое тестирование в реальном времени?

- Исследование функционирования компонента или полной встраиваемой системы в реальных рабочих условиях:
 - **Детерминизм выполнения задач**
 - Учет частоты дискретизации
 - Синхронизация задач
 - Учет работы интерфейсов
- Распространенные виды тестирования:
 - **Быстрое прототипирование** алгоритмов управления (Rapid Prototyping)
 - **Полунатурное моделирование** объекта управления (Hardware-in-the-loop, HIL)
 - Сбор данных и обработка сигналов



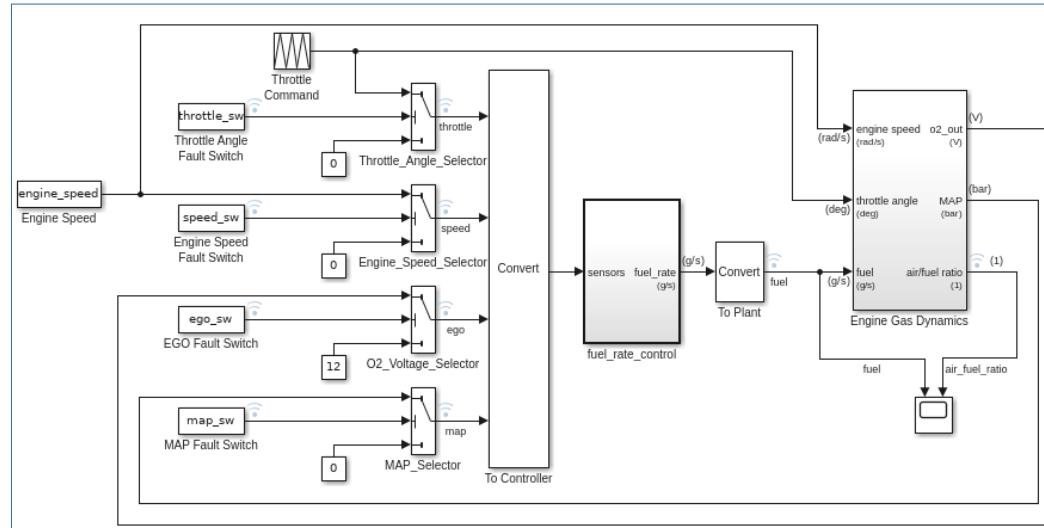
Жесткое реальное время

- Каждый шаг расчета начинается в гарантированный момент времени
- Каждый шаг расчета гарантированно заканчивается до начала следующего шага
- Пример временной диаграммы: каждая задача гарантированно завершается за время, отведенное ей

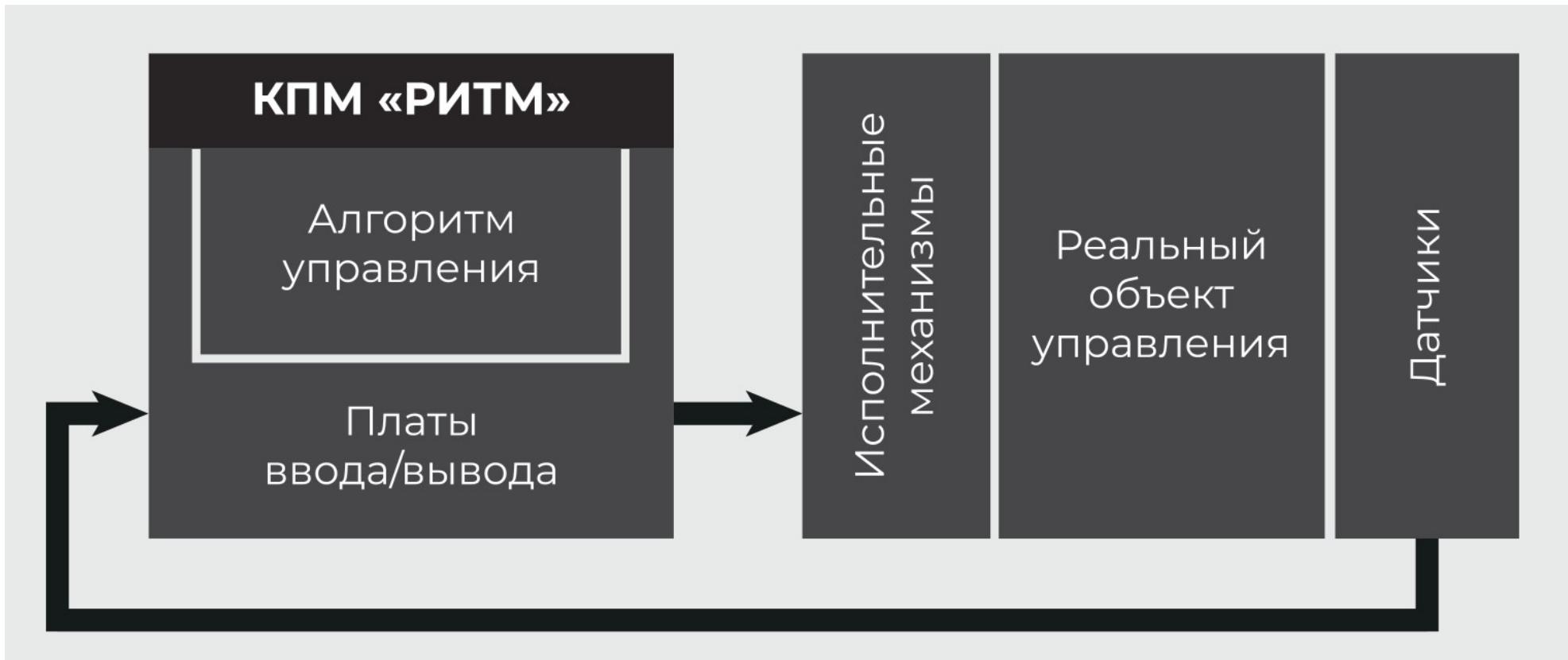


Проблема 1: Целевой вычислитель не доступен для проверки ваших алгоритмов

- Алгоритмы **придуманы**, но их **не на чем проверять**
 - Целевая платформа (блок управления, контроллер) еще недоступна
- Алгоритмы **придуманы**, но еще **не реализованы программно**
 - Программист еще только планирует когда-нибудь реализовать алгоритм



Решение: Быстрое прототипирование алгоритмов управления



Польза: Быстрое прототипирование алгоритмов управления

- Запуск алгоритмов управления на машине реального времени для управления реальным объектом без необходимости иметь навык низкоуровневого программирования
- Быстрые, автоматизированные итерации и доработка алгоритмов
- Тестирование «здесь и сейчас»:
 - Не дожидаясь доступности блока управления/контроллера
 - Не дожидаясь завершения работы программистов
- Прямой путь к автоматической генерации кода для серийного блока управления
- Быстрое переконфигурирование стенда для других проектов

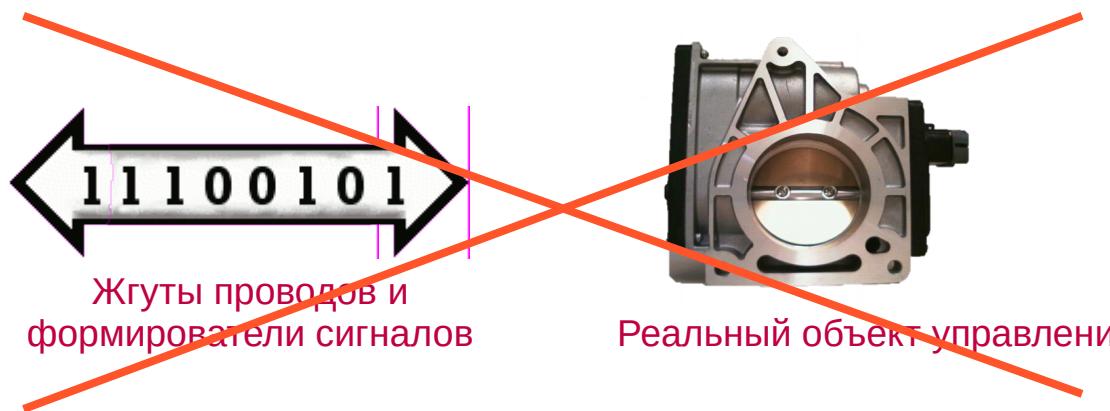
Вывод: Технология быстрого прототипирования существенно сокращает цикл разработки систем управления

Проблема 2: Объект управления не доступен

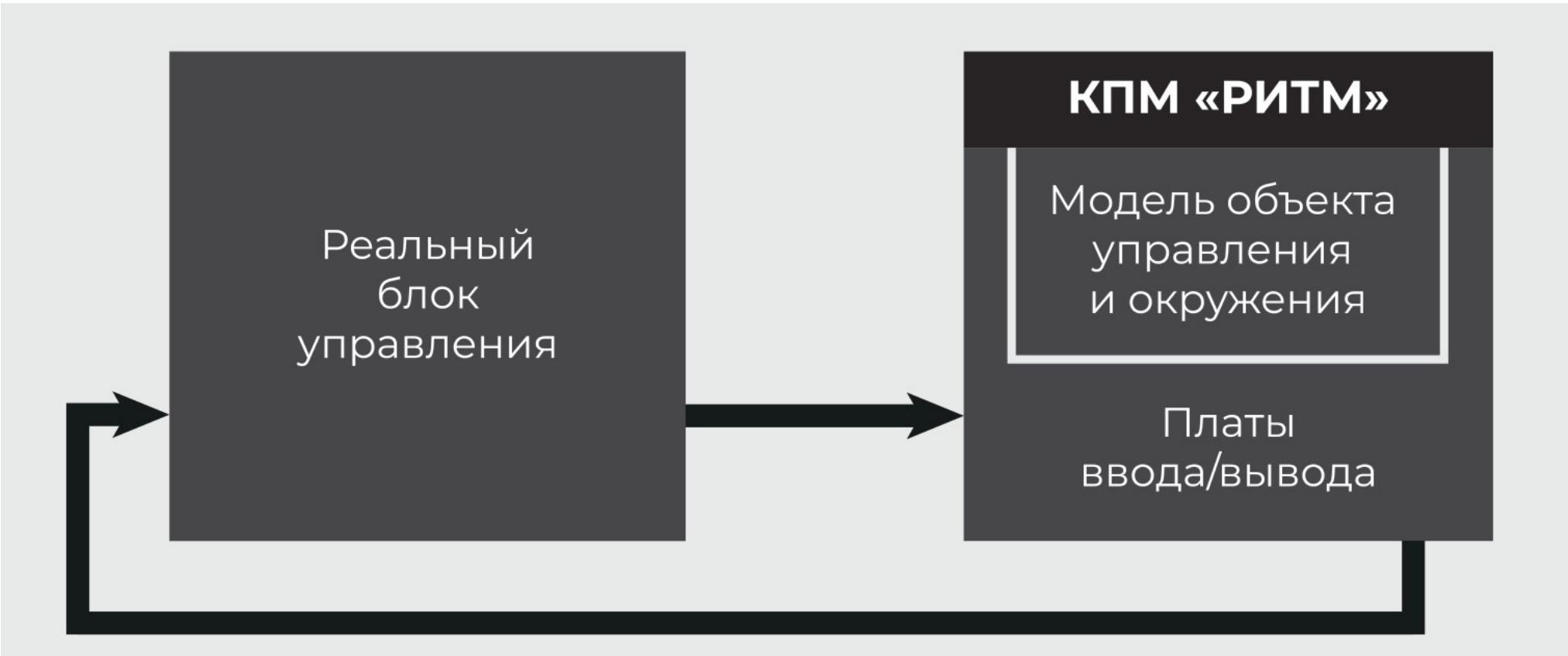
- Алгоритмы написаны, но использование реального объекта для испытаний **невозможно**
 - Прототип еще не готов или проводить натурные испытания крайне дорого
- Алгоритмы написаны, но использование реального объекта для испытаний **нецелесообразно**
 - Алгоритмы еще не проверены и могут привести к поломке/разрушению объекта



Реальный блок управления



Решение: Полунатурное моделирование (HIL)



Польза: Полунатурное моделирование (HIL)

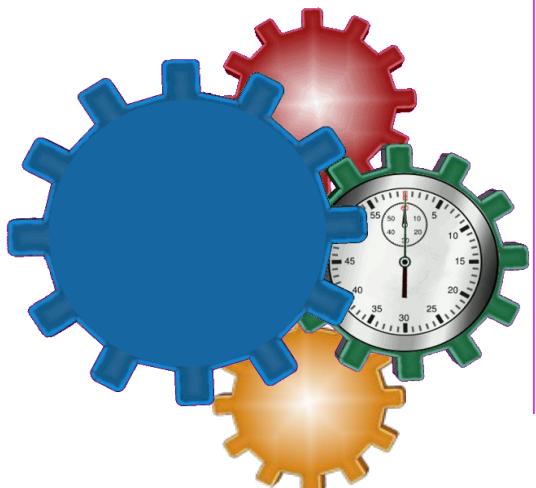
- Полноценная имитация объекта управления с подключением к:
 - Исполнительным механизмам и датчикам
 - Блоку управления
- Широкий спектр применения одной и той же технологии (и одного и того же стенда):
 - Симуляторы различных условий эксплуатации (аварии, критические режимы)
 - Тренажеры для обучения эксплуатирующего персонала (пилоты, технологии)
 - Полунатурные стенды для отладки систем управления
- Проведение испытаний и сокращение издержек на испытания, когда:
 - Реальный объект недоступен или в единственном экземпляре
 - Существует опасность повреждения прототипа или опасность для тестировщика
 - Дорогое время на стенде или далеко ездить на испытания
- Полнценное систематическое тестирование системы:
 - Воспроизводимые тесты
 - Тесты на функциональную безопасность и отказоустойчивость

Вывод: Полунатурное моделирование существенно сокращает циклы разработки и испытаний систем и повышает надежность разрабатываемой системы

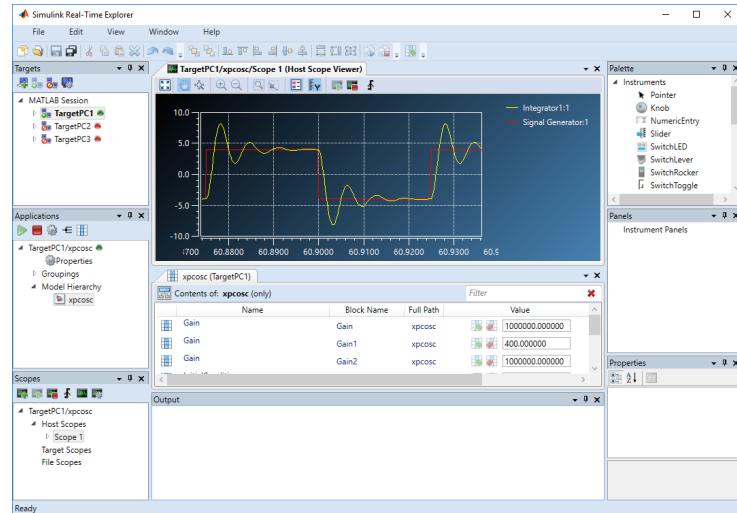
От моделирования к тестированию в реальном времени

- Требуется **запускать, тестировать и доказывать** корректность функционирования модели Simulink/Stateflow с тестируемым объектом управления в **реальных рабочих условиях**.

ОСРВ Simulink Real-Time



Интерфейс пользователя и функции в Simulink

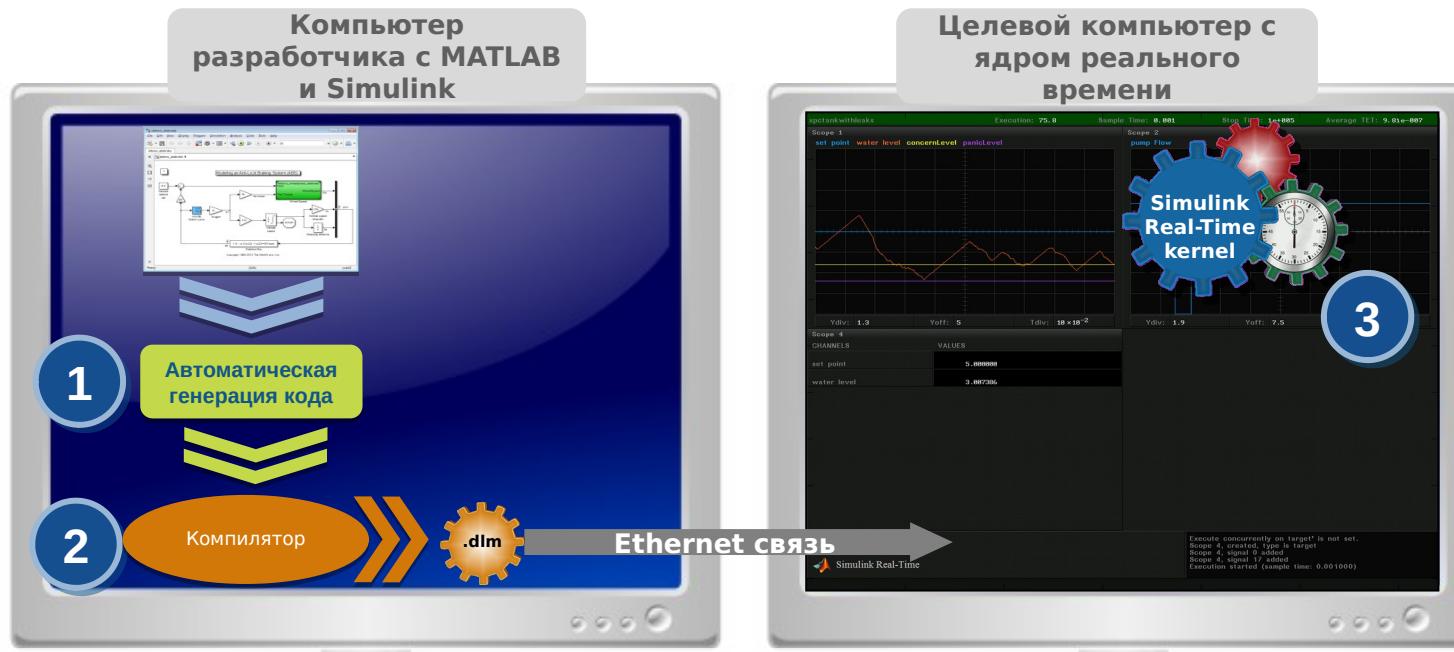


Аппаратура и библиотека
периферийных блоков



КПМ РИТМ

Что такое Simulink Real-Time?



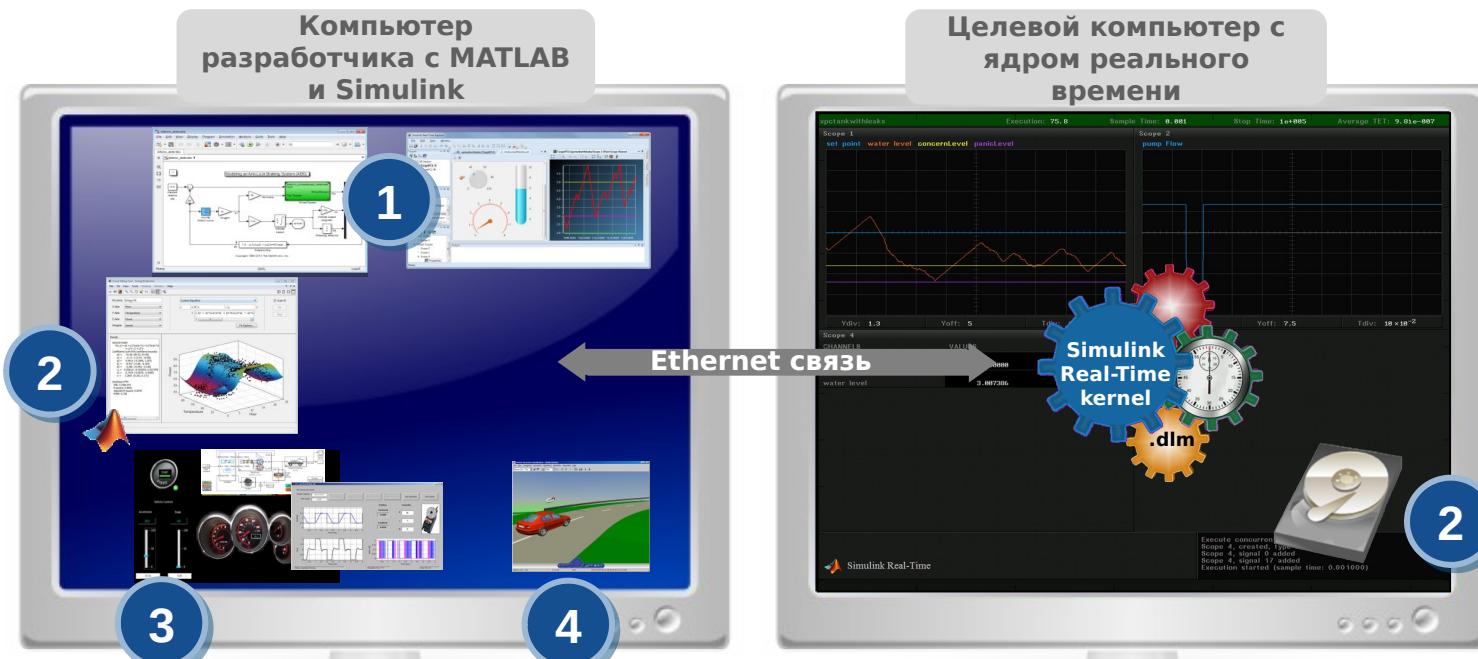
Создание приложений реального времени из моделей Simulink и загрузка на выделенный компьютер за 3 автоматических шага:

1 Генерация кода

2 Сборка кода

3 Загрузка на целевой компьютер

Что такое Simulink Real-Time?



1 Настройка параметров вживую, мониторинг сигналов и управление выполнением

2 Запись данных для анализа в MATLAB

3 UI/HMI возможности

4 Расширяемость через другие пакеты (например, виртуальная реальность)

Комплекс полунатурного моделирования РИТМ



- **КПМ «РИТМ»** представляет собой программно-аппаратное решение, предоставляющее возможности тестирования в реальном времени
- **КПМ «РИТМ»** имеет широкий спектр применений — таких, как быстрое прототипирование алгоритмов управления и полунатурное моделирование объекта управления (HIL тестирование)
- **КПМ «РИТМ»** является российской разработкой и поддерживается российскими инженерами
- **КПМ «РИТМ»** поставляется быстро и настраивается «под ключ»
- Страница продукта <https://exponenta.ru/products/kpm-ritm/>

КПМ РИТМ: технические характеристики

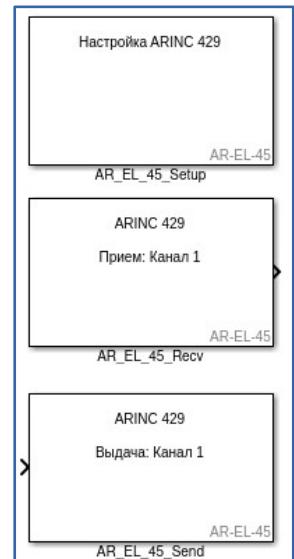
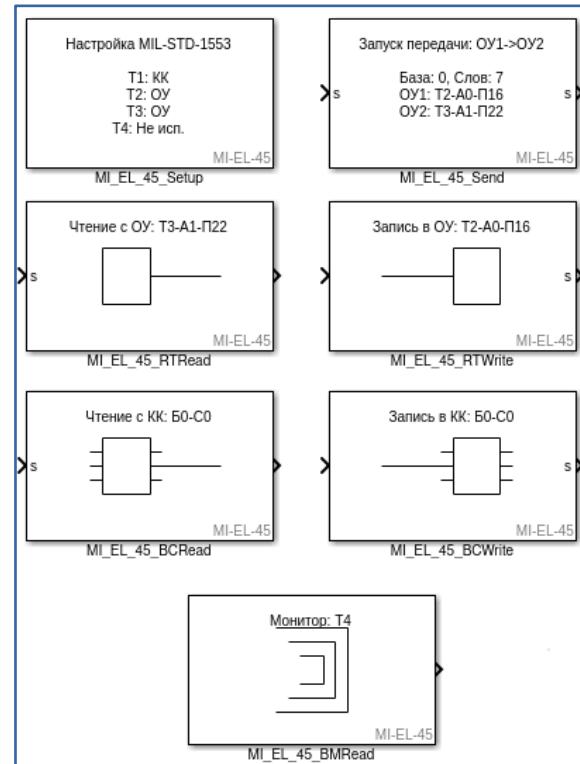
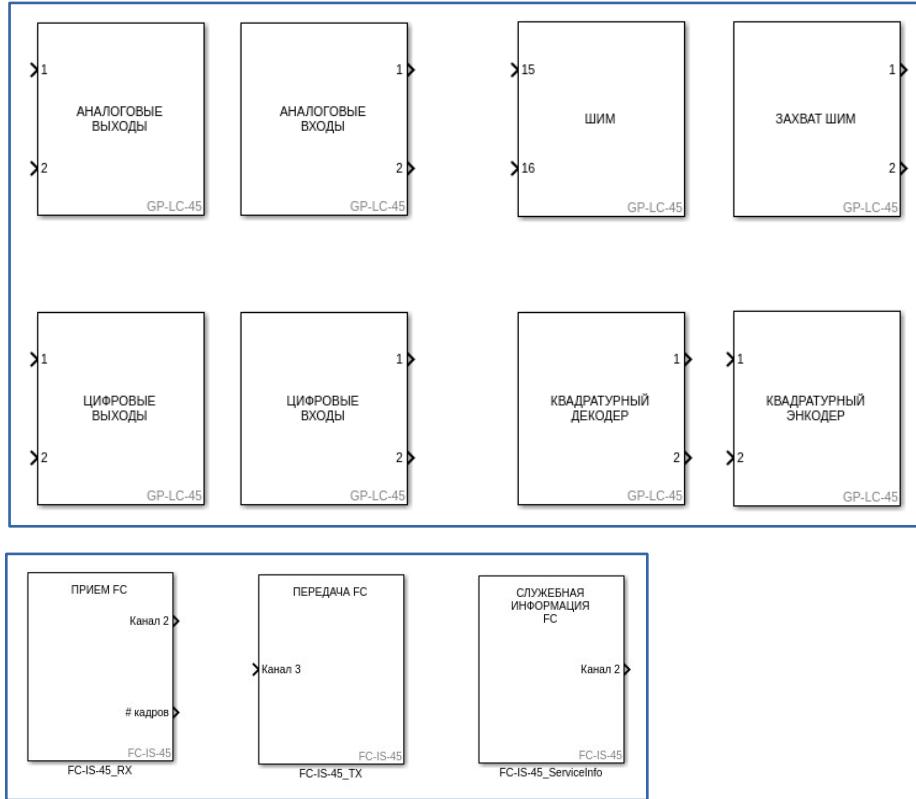
- Корпус: 19" 4U алюминиевый корпус.
- Центральный процессор: Intel Xeon 3.5 ГГц, 4 ядра (или Intel Core i7).
- Память: 4096MB DDR3 (расширяется).
- Диск: 200 Гб SSD (расширяется).
- Видео интерфейсы: 1xDVI-D, 1xVGA. Разрешение окна осциллографа до 1280×1024.
- Порты USB: 4xUSB 3.0 и 2xUSB 2.0 на передней панели.
- Порты Ethernet: 1xWG82579LM (GbE Phy), 1xWG82574L (PCIe GbE).
- **Разъемы PCI(e): 3xPCI, 2xPCIe (x16), 2xPCIe (x4).**
- Последовательные порты: 1xRS232/RS422/RS485.
- Температурный диапазон: от 0 до 50 С.
- Вес: 6.5 кг (без модулей ввода-вывода).
- Питание: 400 Вт.
- Операционная система реального времени с бесшовной интеграцией с Simulink.

КПМ РИТМ: модули ввода-вывода

- Аналого-цифровые модули общего назначения
 - АЦП, ЦАП, цифровые входы/выходы, ШИМ, квадратурный энкодер/декодер
- Специализированные интерфейсы
 - ARINC 429
 - MIL-STD-1553
 - RS-232/RS-422/RS-485
 - CAN, J1939, XCP
 - Fibre Channel (FC-AE-ASM)
 - Платы на базе ПЛИС
- Список постоянно пополняется...



КПМ РИТМ: библиотека блоков Simulink



КПМ РИТМ: библиотека блоков Simulink

Получение отсчетов с АЦП GP-LC-45 (mask)

Блок используется для получения отсчетов с АЦП модуля ввода-вывода Exponenta GP-LC-45.

Параметры

Каналы АЦП:

Диапазон АЦП:

Режим АЦП:

Идентификатор модуля:

Частота дискретизации (с):

Генерация ШИМ сигналов на GP-LC-45 (mask)

Блок используется для генерации ШИМ сигналов с использованием модуля ввода-вывода Exponenta GP-LC-45.

Parameters

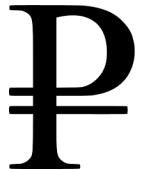
Каналы ШИМ:

Период ШИМ (с):

Идентификатор модуля:

Частота дискретизации (с):

КПМ РИТМ: СКОЛЬКО СТОИТ?



- Чтобы рассчитать стоимость, нам нужно получить от вас входные данные/требования
 - Основная стоимость — в платах ввода-вывода
 - Напишите на tech@exponenta.ru
- Можем проверить работоспособность на ваших моделях до поставки комплекса
 - Гарантия, что ваша конкретная модель работает в реальном времени с настоящими интерфейсами
- Сервисы ЦИТМ «Экспонента»
 - **Помощь и обучение** при пусконаладке комплекса
 - **Доработка** необходимых интерфейсов под ваши нужды
 - Осуществление технической **поддержки** на территории РФ и СНГ

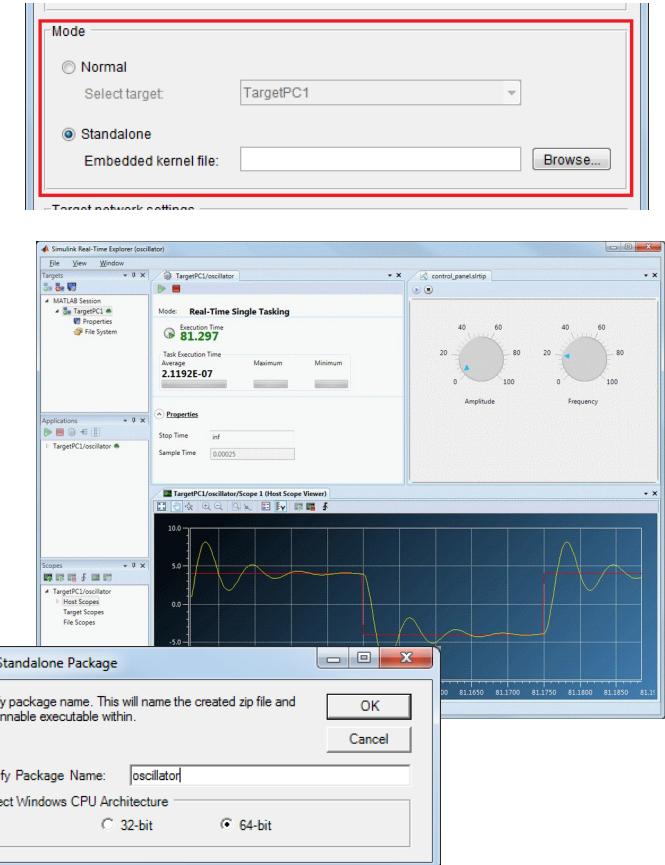
Работа в автономном режиме

Создание независимых приложений реального времени

- ✓ Создание автономного встраиваемого приложения реального времени
- ✓ Приложение загружается и запускается автоматически при включении машины
- ✓ Не нужна лицензия Simulink, не нужен компьютер разработчика
- ✓ Разворачивание приложения на нескольких машинах без дополнительных лицензий

Создание автономных графических интерфейсов пользователя

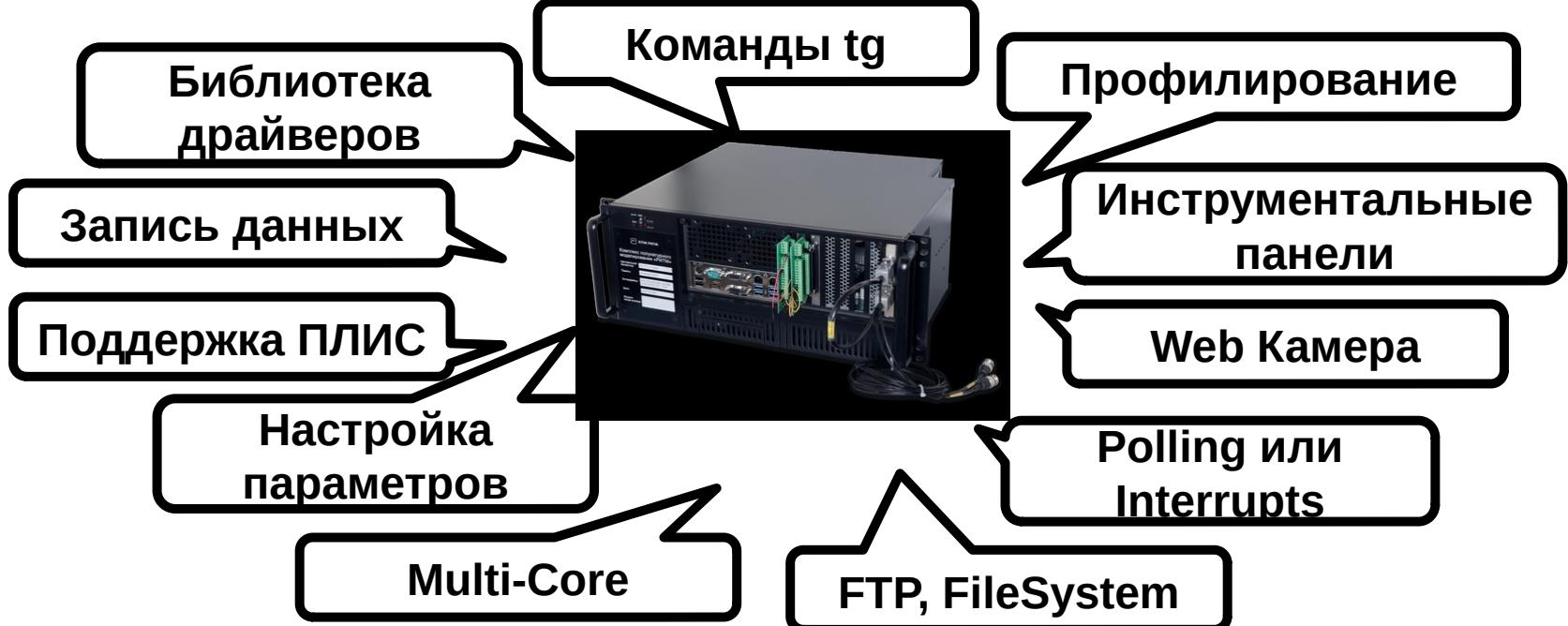
- ✓ Запуск Simulink Real-Time Explorer в автономном режиме
- ✓ Использование APIs для создания собственных графических интерфейсов пользователя



Демонстрация

Возможности Simulink Real-Time

- Быстрое прототипирование
- Полунатурное моделирование (HIL)
- Автономная работа



Широкая область применения ...

Автоматизация и управление	Робототехника, промышленные процессы, силовые и энергетические системы, датчики и исполнительные механизмы, управление зданиями и технологическое оборудование ...
Медицинские устройства	Слуховые аппараты, биомедицинское оборудование и медицинские устройства (робототехника) ...
Академия	Верификация и тестирование теоретических концепций, обучение студентов, разработка новых технологий для коммерческих применений ...
Зеленая энергия	Солнечные батареи, ветряки и двигатели на альтернативном топливе
Авто	Пассажирские авто, грузовики, внедорожники, строительная и сельхозтехника, гоночные ...
Аэрокосмос	Авиация, военный транспорт, БПЛА, ракеты, спутники и космические аппараты ...
Электроника	Хранение данных, принтеры, мультимедиа, оборудование для производства DVD, Blu Ray ...

Центр инженерных технологий и моделирования Экспонента

Вебинары, семинары, обучение, демонстрационные версии,
консалтинг, внедрение МОП:

[***www.MATLAB.ru***](http://www.MATLAB.ru)

E-mail: [***matlab@exponenta.ru***](mailto:matlab@exponenta.ru)

Тел.: +7 (495) 009 65 85

Дополнительная информация:

[***www.mathworks.com***](http://www.mathworks.com), [***www.exponenta.ru***](http://www.exponenta.ru)

[***www.youtube.com/user/MATLABinRussia***](http://www.youtube.com/user/MATLABinRussia)