



ЭКСПОНЕНТА



Engee



КПМ РИТМ

САПР ENGEE РТС



САПР Engее PTC – система автоматизированного проектирования для моделирования, разработки алгоритмов и отладки аналоговых, цифровых и смешанных трактов микροэлектронных и радиотехнических систем.

Состав

- Среда разработки Engее
- Аппаратный комплекс РИТМ
- Радио-модуль РИТМ SDR USRP
- Специализированные СФ-блоки
- Пользовательские устройства

Технологии

- Динамическое моделирование
- Виртуальные испытания
- Генерация исполняемого кода
- Полунатурное тестирование
- Сквозное прототипирование

Применение

- Разработка и тестирование радиотехнических систем:
 - радиоэлектронная борьба
 - радиолокация
 - радионавигация
 - спутниковая связь
 - LTE
 - 5G
- Отладка микροэлектроники, антенн, СВЧ-трактов
- Прошивка ПЛИС и систем-на-кристалле (СНК)
- Цифровые двойники радиотехнических изделий



Наши знания и опыт

Многолетний опыт и инженерные компетенции ЦИТМ «Экспонента» позволяют создавать высокоэффективные интегрированные вычислительные комплексы



Решаемые задачи:

- Моделирование среды распространения радиолокационного сигнала
- Тестирование приёмного и передающего трактов РЛС
- Имитация многолучевого распространения, подстилающей поверхности, затухания в атмосфере
- Симуляция различных типов зондирующих сигналов

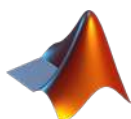
ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ

Цель создания САПР Engее PTC

Импортозамещение программного и аппаратного обеспечения зарубежных вендоров (MathWorks, Keysight (Agilent), Siemens, Rohde&Schwarz, National Instruments и подобных им) в части проектирования и отладки микроэлектронных и радиотехнических систем.



SIEMENS



**Минпромторг
России**

Работы выполняются в рамках субсидии Минпромторга России на финансовое обеспечение в области средств производства электроники от 14 октября 2024 года № 23-67771-00835-Р согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 25 октября 2023 года № 1780.

Наши партнеры



ИРЗ



ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого



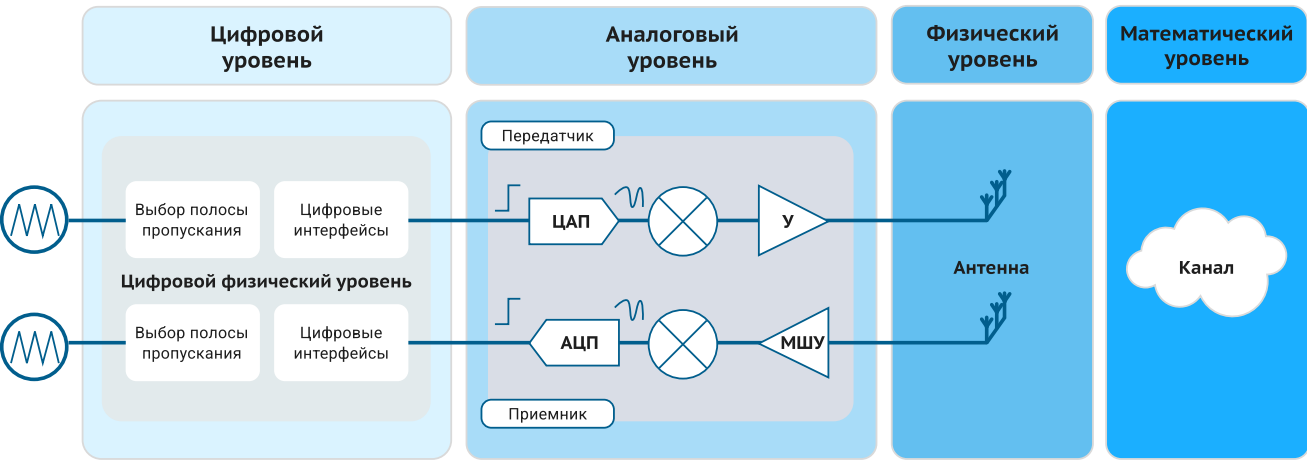
ИСТОК



МИЭТ

Создание современных радиотехнических комплексов связано с рядом технических и организационных трудностей:

- Сложные сценарии работы, многофункциональность
- Высокопроизводительные цифровые вычислители, уникальные алгоритмы
- Взаимодействие инженерных команд различных направлений
- Дорогостоящие натурные испытания



Методы ускорения проектирования РТС

- Сквозное моделирование
- Цифровизация процесса разработки
- Ранняя верификация, виртуальные испытания
- Автоматизация тестирования и генерации кода

Требования к программному и аппаратному обеспечению

- Построение комплексных многодоменных моделей РТС
- Динамическое моделирование РТС в различных сценариях работы
- Интеграция с аппаратными платформами быстрого прототипирования
- Сквозной процесс разработки от требований до прототипа изделия или его узла

САПР ENGEE РТС



Встроенная среда разработки скриптов



Модельно-ориентированное проектирование



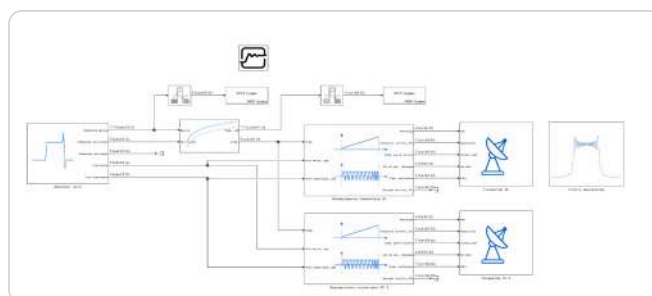
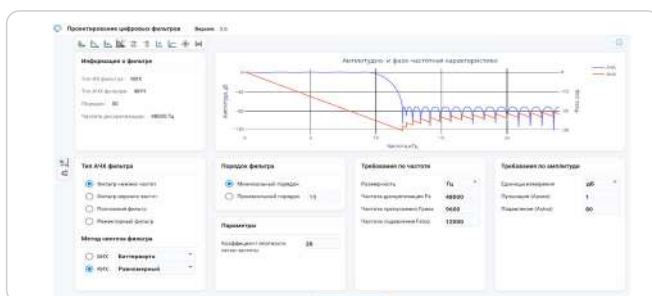
Разработка пользовательских приложений

МОДЕЛИРОВАНИЕ: ЦИФРОВОЙ УРОВЕНЬ

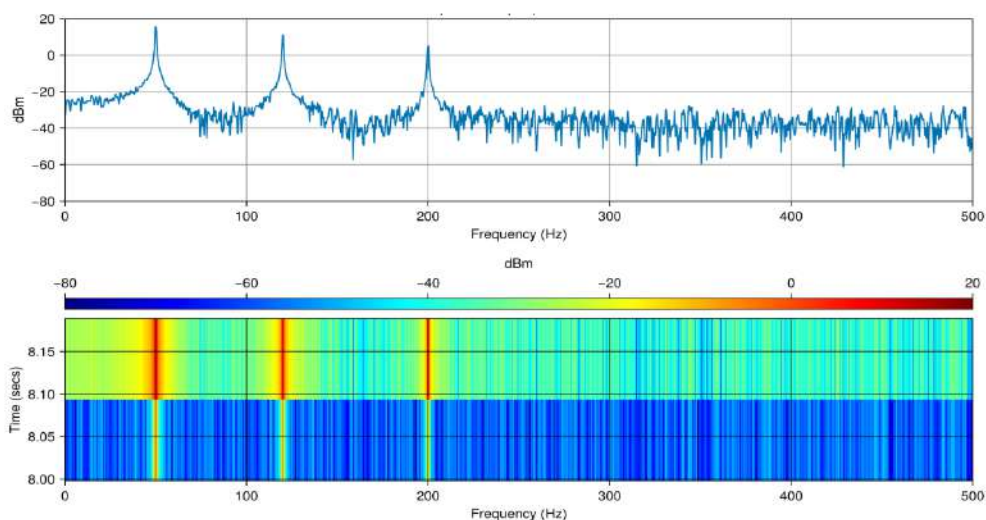
- Генерация сигналов
- Инструменты ЦОС
- Спектральный анализ
- Цифровые фильтры
- Системы беспроводной связи

- Обработка радиолокационных сигналов
- Сканирование лучом
- Кодирование
- Пеленгация
- Слежение

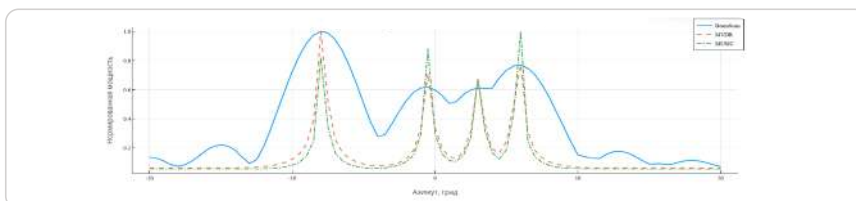
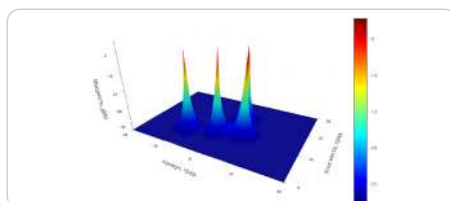
Разработка моделей под генерацию кода



Цифровая обработка сигналов



Детекция групповых целей



МОДЕЛИРОВАНИЕ: АНАЛОГОВЫЙ УРОВЕНЬ

- МШУ, ФАПЧ, АРУ
- АЦП, ЦАП
- Синтезаторы частот
- Смесители
- Аналоговые фильтры

- Согласующие цепи
- Базовые элементы
- Неидеальности
- Искажения
- Функции для анализа СВЧ

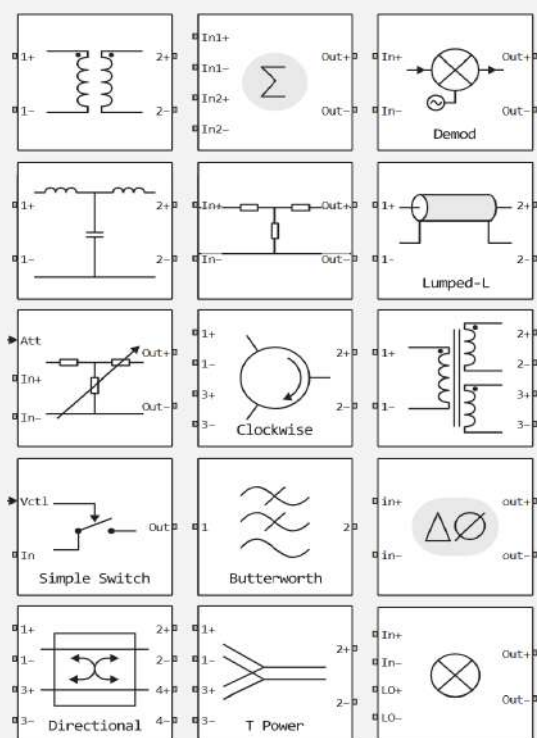


Математическое ядро

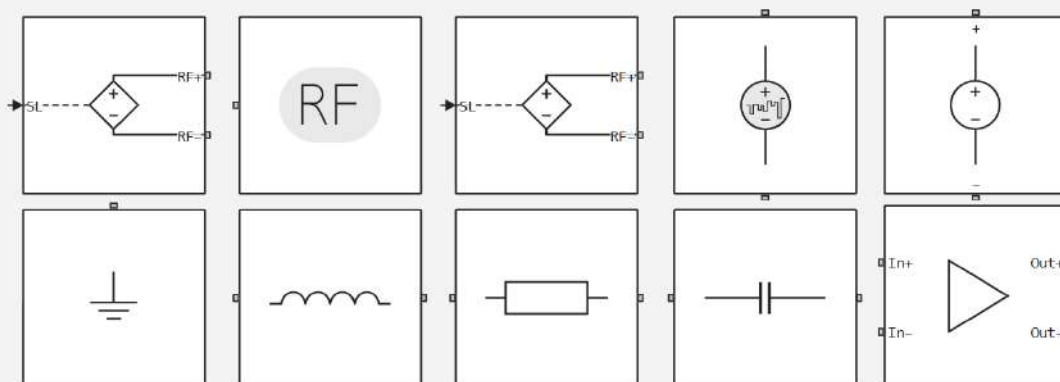
Решатель, поддерживающий динамическую симуляцию электрических цепей на сверхвысоких частотах:

- Моделирование MIMO систем
- Учёт смещения и нелинейностей чётного порядка
- Моделирование фазовращателей и усилителей с переменным усилением
- Имитация помеховых воздействий
- Моделирование аналоговых и СВЧ трактов

СВЧ-компоненты



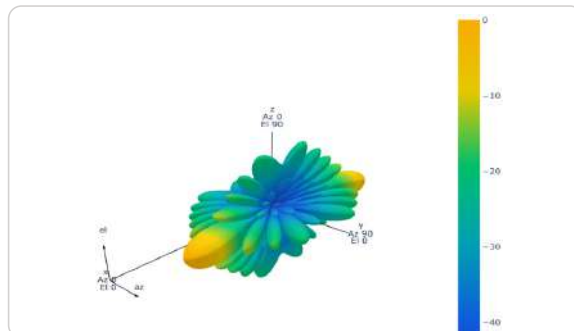
Моделирование РЧ-тракта



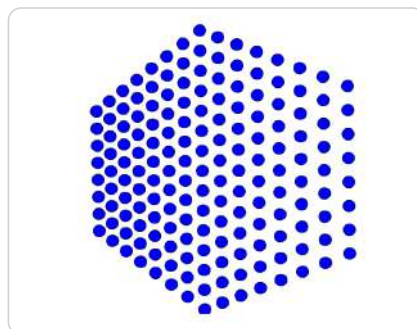
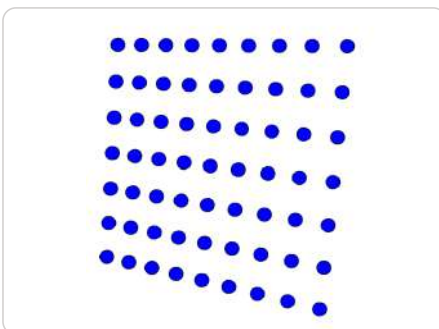
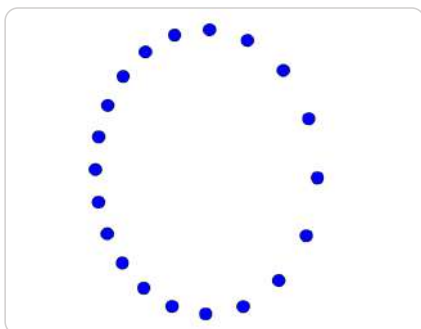
МОДЕЛИРОВАНИЕ: ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

- Антенно-фидерный тракт
- ФАР, АФАР, отдельные элементы
- Импорт диаграммы направленности
- Адаптивное формирование ДН
- Произвольная геометрия
- Отказы антенных элементов

Формирование диаграммы направленности



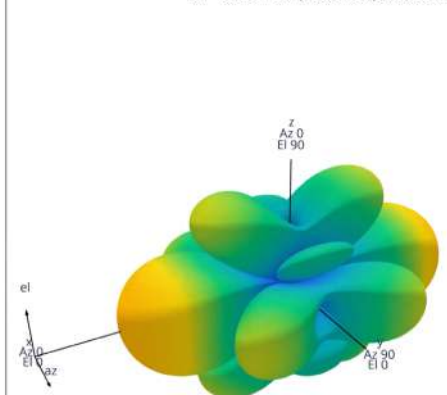
Геометрия антенной решетки



Разработка полноценных приложений по моделированию АФАР

ПАРАМЕТРЫ ТОПОЛОГИЯ **ДН-3Д** ДН-2Д ДИСКРЕТНОСТЬ ФАЗЫ ЭС СЦЕНАРИЙ УПРАВЛЕНИЕ ЛУЧОМ

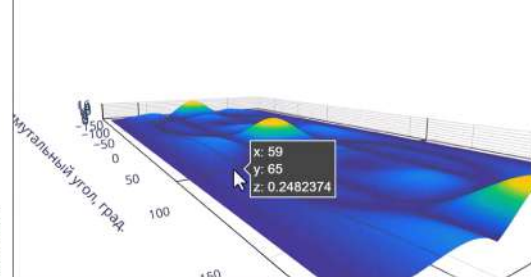
ДН-3Д в полярных координатах



Normalized Power (dB)

0
-10
-20
-30
-40
-50

ДН-3Д в декартовых координатах



Normalized Power (dB)

0
5
10
15

Характеристики АФАР

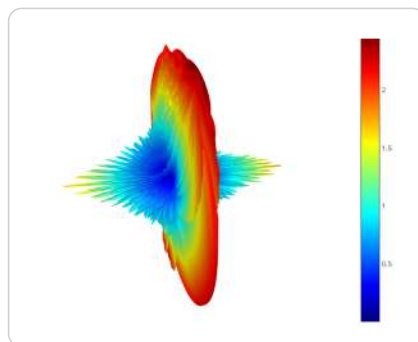
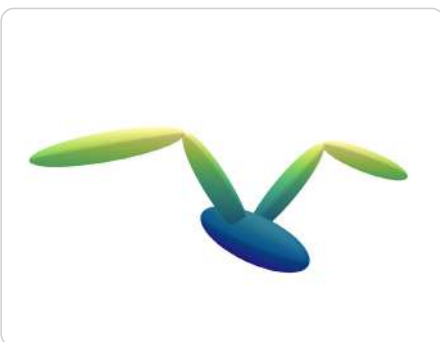
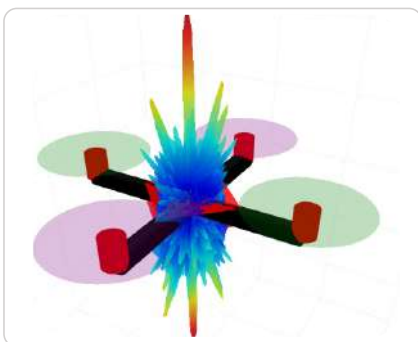
КНД	13.5	дБ
Эквивалентная мощность	28.28	дБВт
Добротность (G/T)	1.075	дБ/К
КНД при квантовании фазовращателя	13.5	дБ
Ширина ДН по азимуту	26.28	град
Ширина ДН по углу места	26.28	град
Точность измерения по азимуту	2.628	град
Точность измерения по углу места	2.628	град

МОДЕЛИРОВАНИЕ: МАТЕМАТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

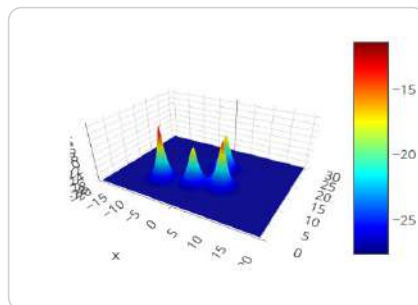
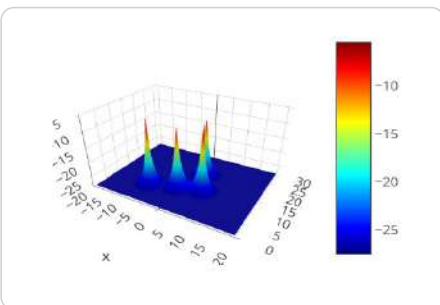
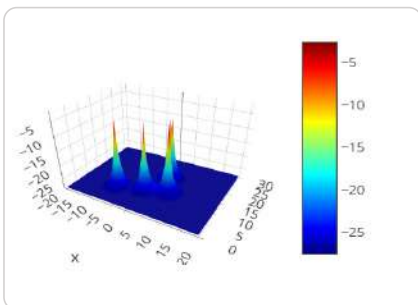
- Канал распространения радиоволн
- РРВ над подстилающей поверхностью, в атмосфере
- Многолучёвость

- Широкополосная ЭПР целей
- Движение, ориентация целей
- Шумовые и ложные помехи
- Имитация фоно-целевой обстановки (ФЦО)

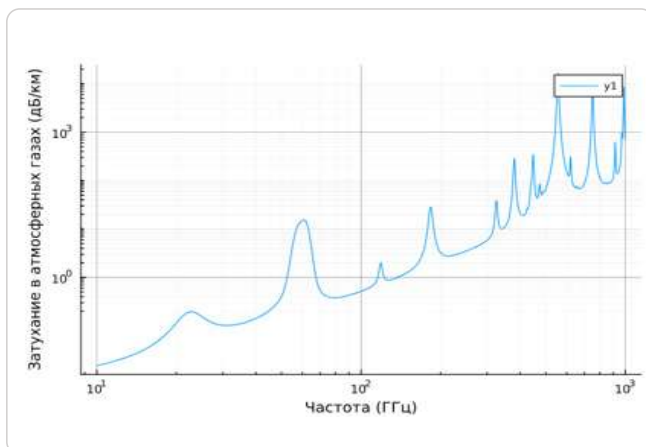
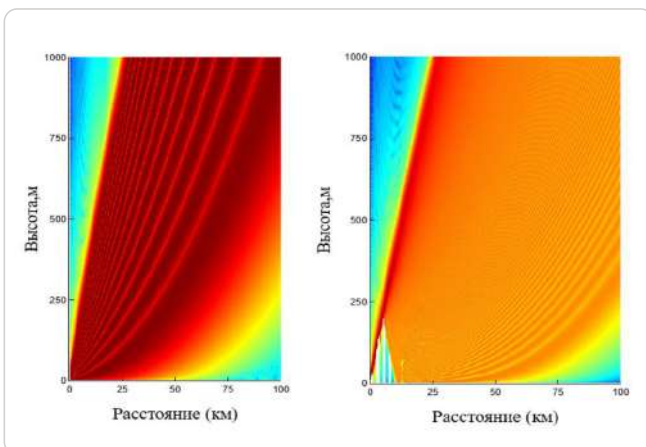
Моделирование целей



Алгоритмы пеленгации



Моделирование распространения сигнала



ГЕНЕРАЦИЯ ИСПОЛНЯЕМОГО КОДА

- Автоматическая генерация:
 - С-кода
 - Verilog-кода
- Поддержка целочисленной арифметики
- Оптимизация под конкретные аппаратные платформы

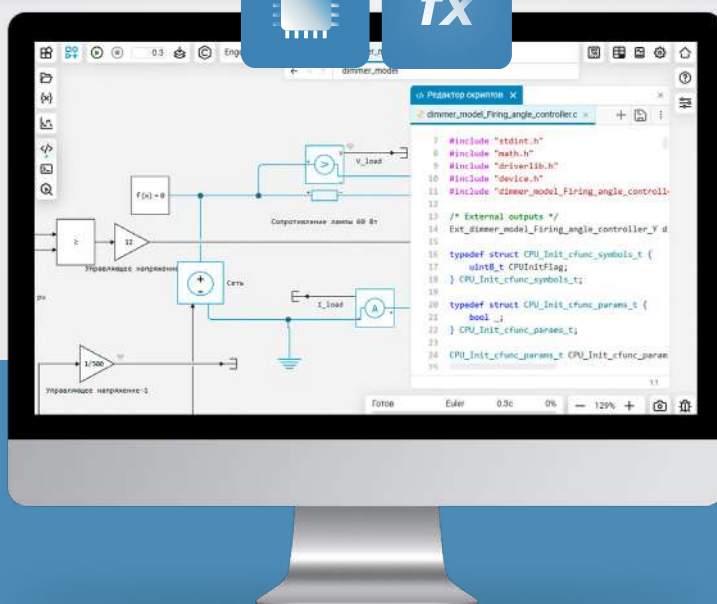
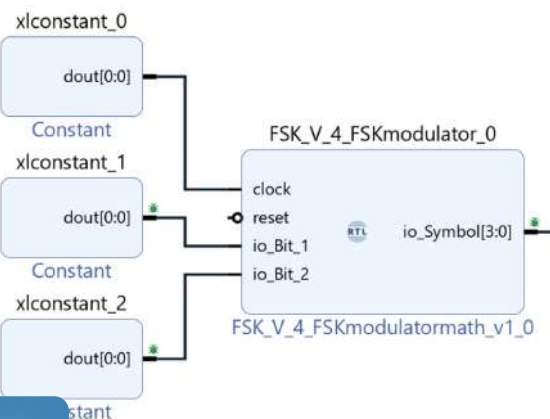
```
31 /* Model step function */
32 void cg_model_multirate_step_0() { // sample time: 0.01
33     double Add;
34
35     cg_model_multirate_S.UnitDelay = cg_model_multirate_S.UnitDelay_state;
36     /* Sum: /Add incorporates:
37      * Input: /In1
38      * UnitDelay: /Unit Delay
39      */
40     Add = cg_model_multirate_U.In1 + cg_model_multirate_S.UnitDelay;
41     cg_model_multirate_S.StateTransition = Add;
42     /* Update for UnitDelay: /Unit Delay */
43     cg_model_multirate_S.UnitDelay_state = Add;
44 }
45
46 /* Model step function */
47 void cg_model_multirate_step_1() { // sample time: 0.05
48     double Add_1;
49
50     cg_model_multirate_S.UnitDelay_1 = cg_model_multirate_S.UnitDelay_1_state;
51     /* Sum: /Add-1 incorporates:
52      * RateTransition: /Rate Transition
53      * UnitDelay: /Unit Delay-1
54      */
55     Add_1 = cg_model_multirate_S.StateTransition + cg_model_multirate_S.UnitDelay_1;
56     /* Output: /Out1 incorporates:
57      * Sum: /Add-1
58      */
59     cg_model_multirate_Y.Out1 = Add_1;
60     /* Update for UnitDelay: /Unit Delay-1 */
61     cg_model_multirate_S.UnitDelay_1_state = Add_1;
62 }
```

engee.generate_code()



▼ TI_dimmer_code

- main.c
- dimmer_model_Firing_angle_controller.c
- dimmer_model_Firing_angle_controller.h
- dimmer_model_Firing_angle_controller_verification.jl



МОДЕЛЬ ENGEЕ PTC

Каталог верифицированных СФ-блоков

Это основа DFE-решений (digital-front-end) для таких систем, как LTE, 4G, 5G NR, MIMO, Wi-Fi, DVB-S2/S2x и других.



Входит в реестр
отечественного ПО

DPD-IP

DVB-S2X LDPC DECODER-IP

FFT-IP

DUC-IP

PC-CFR-IP

DDC-IP

OFDM-IP

LTECS-IP

Viterbi-IP

LTEQS-IP

DVB-S2/T2 FEC ENCODER

LTE-SCH-IP

Назначение блоков

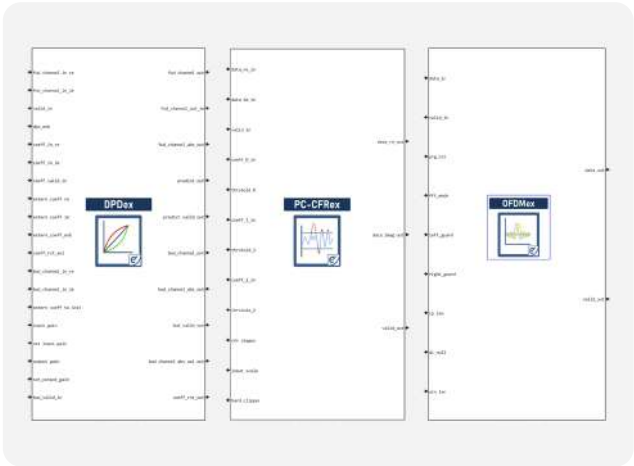
- Цифровые предсказания (DPD)
 - Снижение пик-фактора (PC-CFR)
 - OFDM-технологии
 - Оптимизированный БПФ (FFT)
- Помехоустойчивое кодирование (FEC)
 - Декодер Витерби
 - Декодер DVB-S2/T2
 - Цифровое повышение и понижение частоты

Поведенческие модели

Верификация в лаборатории



СФ-блоки в виде модельных компонентов



АППАРАТНЫЙ СТЕНД

РИТМ SDR USRP

Многофункциональная SDR-платформа, созданная с учётом потребностей инженеров, разработчиков и исследователей

Встроенные СФ-блоки

ПЛИС + РЧ-модуль

Гибкая архитектура



Имитатор радиочастотного канала на базе КПМ РИТМ

- Запуск цифровых алгоритмов и моделей на встраиваемых вычислителях в режиме жёсткого реального времени
- Подключение внешних устройств по цифровым и аналоговым интерфейсам
- Многоканальный захват данных
- Генерация СВЧ-сигналов

Применение

- Имитатор фоно-целевой обстановки (ФЦО)
- Программно-определяемое радио (SDR)
- Комплекс захвата и обработки сигналов





КПМ РИТМ



ЭКСПОНЕНТА

КОНТАКТЫ



info@exponenta.ru



[+7 \(495\) 009 65 85](tel:+7(495)0096585)



start.engee.com



117418 г. Москва,
Нахимовский проспект, 51