



ЭКСПОНЕНТА
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Пакет программ Экспонента цифровые системы Техническая документация

ЦИТМ Экспонента, г. Москва
info@exponenta.ru

Оглавление

<i>Пакет программ Экспонента цифровые системы (ПП ЭЦС).....</i>	<i>2</i>
<i>Описание.....</i>	<i>2</i>
<i>Области применения.....</i>	<i>3</i>
<i>Отраслевая направленность.....</i>	<i>3</i>
<i>Лицензирование.....</i>	<i>4</i>
<i>Описание типового компонента ПП ЭЦС.....</i>	<i>5</i>
<i>Описание «ПП ЭЦС DPDeX-IP»</i>	<i>5</i>
<i>Варианты поставки ПП ЭЦС - DPDeX-IP.....</i>	<i>6</i>
<i>Состав лицензируемых модулей ПП ЭЦС</i>	<i>7</i>
<i>Инструкция по установке и применению.....</i>	<i>8</i>

Пакет программ Экспонента цифровые системы (ПП ЭЦС)

ПП ЭЦС — это пакет программных средств автоматизации, цифровых моделей алгоритмов и технических систем (для задач и комплексов моделирования и проектирования техники).

Другие торговые названия — Exponenta Digital Systems, EDS, EDS-IP, Digisys.

Описание

ПП ЭЦС предоставляет ученым и инженерам преднастроенные вычислительные скрипты, цифровые алгоритмы, компьютерные модели для решения практических и научно-исследовательских задач при проектировании технических и информационных систем.

ПП ЭЦС содержит: IP-ядра, математические модели, расчеты, скрипты автоматизации моделирования, алгоритмизации, генерации кода алгоритмов, эталонные значения и генераторы верификационных сигналов, модели специализированных алгоритмов для применения в составе готовых прототипов или испытательных стендов.

IP-ядра алгоритмов и моделей ПП ЭЦС написаны на языке C (Си). Для использования эти элементы могут быть предоставлены в форме скомпилированных библиотек.

ПП ЭЦС рекомендуется в качестве основы для внедрения модельно-ориентированного процесса проектирования технических систем на основе программы моделирования Engee, а также для задач миграции процессов моделирования из зарубежных сред Simulink, Amesim в Engee – российскую инженерную платформу для технических расчетов и динамического моделирования.

Модули ПП ЭЦС могут использоваться отдельно как вычислительные ядра (исполняющие алгоритм или имитирующие процесс или устройство) для вызова пользователем из сторонних программ ЭВМ под управлением операционных систем (ОС) Linux или Windows или встроенных ОС на базе Linux. Некоторые модули ПП ЭЦС рассчитаны на запуск на встраиваемых процессорах без операционной системы. Один и тот же вычислительный компонент ПП ЭЦС реализован в нескольких цифровых форматах, а доступ к соответствующему формату регламентируется лицензионным соглашением.

Набор алгоритмов и программ в составе ПП ЭЦС основан на многолетнем опыте моделирования специалистов Центра Инженерных Технологий и Моделирования (ЦИТМ) «Экспонента» и позволяет добиваться высоко интегрированного процесса инжиниринга техники на основе системного применения математических моделей. Применение проверенных моделей и алгоритмов из состава ПП ЭЦС приводит к снижению проектных рисков недостижения ТТХ, срыва сроков, снижает стоимость испытаний и повышает покрытие тестами через испытания на компьютерных моделях ПП ЭЦС и в составе цифровых испытательных полигонов.

Области применения

- Научные вычисления в сфере естественных и технических наук
- Анализ и обработка технических данных
- Системы автоматического управления
- Системы цифровой обработки сигналов
- Моделирование междисциплинарных технических комплексов
- Математическое моделирование
- Интеллектуальные технические комплексы и ИИ

Отраслевая направленность

ПП ЭЦС предназначен для решения прикладных задач в следующих отраслях:

- Машиностроение
- Микроэлектроника и радиоэлектроника
- Приборостроение
- Автомобилестроение
- Авиастроение
- Ракетно-космическая
- Электроэнергетика и ТЭК
- Станкостроение
- Робототехника
- Беспилотные системы
- Оборонная
- Образование и наука
- Финансовое моделирование и экономика данных

Лицензирование

Исключительные права на ПП ЭЦС принадлежат разработчику и правообладателю — ЦИТМ «Экспонента». Модули ПП ЭЦС могут быть лицензированы в составе библиотеки как по оценочной лицензии с ограничениями коммерческого использования, так и по отдельности для коммерческого применения, ввиду высокой стоимости каждого отдельного алгоритма (от 500 000 рублей до 10 000 000 рублей за коммерческую лицензию на модуль в зависимости от его сложности).

Для распространения доступны следующие неисключительные виды лицензий:

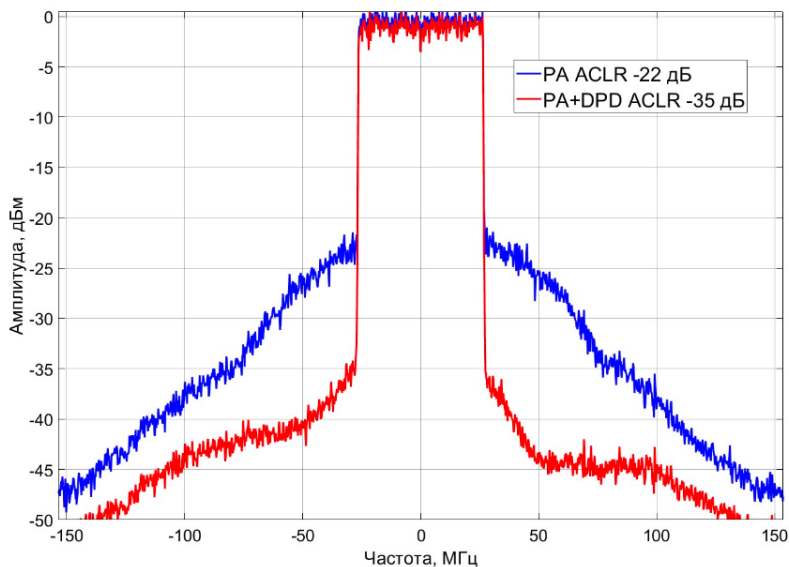
- **Бесплатная учебная лицензия** на часть модулей ПП ЭЦС, обернутых в форматы отечественного ПО Engee (ПП ЭЦС — Engee, в едином реестре российских программ для ЭВМ: №13508 от 11 мая 2022). Лицензия предоставляется сотрудникам и учащимся высших учебных заведений, которые применяют в учебном процессе отечественную платформу моделирования Engee. Лицензия покрывает только типовые расчеты и базовые модели, доступные в том числе на публичном ресурсе engee.com/community/ru/catalogs/projects. Лицензия не покрывает модели и алгоритмы для промышленных и встраиваемых систем, не распространяется на форматы расчетных файлов и моделей, не поддерживаемых ПО Engee.
- **Бесплатная оценочная лицензия** покрывает тот же объем модулей ПП ЭЦС, что и учебная лицензия, но с ограничением по времени оценки и целям использования. Служит только для оценки целесообразности приобретения комплекта программного обеспечения Engee модулей ПП ЭЦС. Оценочные лицензии коммерческим организациям предоставляет ЦИТМ «Экспонента» по запросу, при условии согласования сторонами плана оценки программных пакетов.
- **Академическая (образовательная) лицензия** ПП ЭЦС — Engee распространяется среди высших учебных заведений на договорной основе. Подходит для ускорения миграции учебного процесса с зарубежного ПО на отечественное. Стоимость лицензии зависит от количественных характеристик учебного заведения (количество профессорско-преподавательского состава (ППС) и количество учащихся). Лицензия распространяется только на модули ПП ЭЦС, реализованные в форматах, предназначенных для запуска в учебной среде Engee.
- **Коммерческие лицензии** предоставляются на отдельные модули ПП ЭЦС или на их пакеты на договорной основе. Стоимость вознаграждения устанавливается на основе оценки сложности алгоритма и экономического эффекта для потребителя от применения соответствующих модулей ПП ЭЦС (сокращение сроков проектирования, снижение проектных рисков по срокам или рисков недостижения целевых характеристик проектируемой технической системы, сокращение расходов на испытания и верификацию, сокращение расходов за счет снижения сроков проектирования, ликвидации простоев и иных неэффективностей процессов разработки). Коммерческие (стандартные) лицензии могут включать в себя как версии алгоритмов, обернутые в необходимые интерфейсы для запуска в среде Engee, так и подготовленные для импорта в иное поддерживаемое моделирующее ПО заказчика (Simulink, Vivado, Amesim, Julia, Python, Linux), или бинарные коды для запуска на встраиваемых (Embedded) платформах без ОС (микроконтроллерах, ЦОС процессорах или ПЛИС).

Описание типового компонента ПП ЭЦС

ПП ЭЦС содержит обновляемый набор вычислительных компонентов и моделей. На примере продвинутого, коммерчески лицензируемого модуля цифровых предискажений рассмотрим типовые опции моделей и алгоритмов из состава ПП ЭЦС, доступные для пользователей.

Описание «ПП ЭЦС DPDex-IP»

Алгоритмы цифровых предискажений сигнала применяются для решения проблемы нелинейности радиопередающего тракта и сохранения энергетических характеристик систем радиосвязи. Архитектура модели DPDex-IP не привязана к конкретному производителю ПЛИС/СБИС. Предискажения сигнала осуществляются в соответствии с загружаемыми коэффициентами. Загрузка коэффициентов возможна как отладочным образом вручную, так и во время выполнения через специальный порт, который обеспечивает возможность работы алгоритма со сторонними системами адаптации, работающими в режиме постоянного обновления коэффициентов

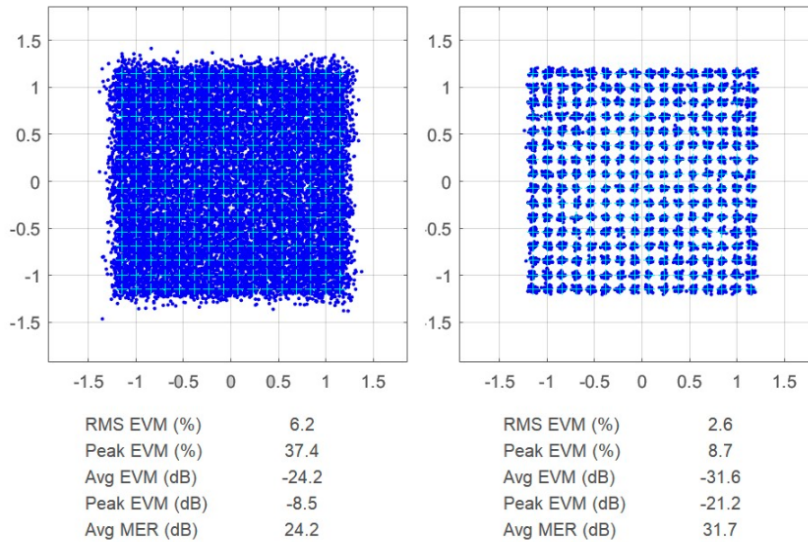


Технические характеристики ПП ЭЦС DPDexIP

- Архитектура алгоритма – Memory Polynomial Advanced
- Максимальная полоса предискажаемого сигнала – 220 МГц
- Максимальное количество коэффициентов –21

Степень подавления уровня помех в соседнем канале (ACLR/ACPR) зависит от качества рассчитанных коэффициентов предискажения. Типовое значение подавления ACLR/ACPR лежит в диапазоне от 10 дБ

до 25 дБ. На графике ниже представлен спектр сигнала без предскажений и с использованием предскажений DPDex-IP.



С практической точки зрения наиболее важным является анализ модуля вектора ошибки EVM (error vector magnitude). Слева представлены созвездия сигналов формата QAM-256 без предскажений и с применением алгоритма DPDex-IP, которое приводит к существенным повышениям качества сигнала. EVM-сигнала улучшается более чем в два раза.

Варианты поставки ПП ЭЦС - DPDex-IP

Модель алгоритмов DPDex-IP в зависимости от лицензии может быть поставлена в нескольких форматах:

1. **Объектный код DPDex-IP**, скомпилированный под платформу заказчика на базе Linux X86 или иной аппаратной архитектуры. Объектный код содержит привязку к аппаратной платформе в соответствии с лицензией, запрещающей использование объектного кода в составе какого-либо иного моделирующего ПО или комплекса, кроме включенного в текст лицензионного соглашения. Лицензионное соглашение запрещает дизассемблирование и реверс инжиниринг.
2. **Имитационный блок DPDex-IP для библиотеки среды Engage в формате .nglib**. Обычно лицензируется вместе с опорной моделью в формате Engage. Данный формат поставки алгоритма DPDex-IP предназначен для имитационного моделирования работы алгоритма в окружении других математических алгоритмов радиотехнического тракта средствами Engage. Это позволяет осуществлять подбор параметров предсказания посредством имитации и оценивать интегральные характеристики системы перед принятием решения о внедрении алгоритма DPDex-IP в техническую систему. По умолчанию из имитационного блока Engage-DPDex-IP запрещено получать объектный или исходный код любого вида без приобретения соответствующей лицензии.
3. **Зашифрованный комплект файлов для DPDex-IP форматов: *.vhd (зашифрованный VHDL-файл), *.v (зашифрованный Verilog-файл), *.tcl (TCL-скрипт GUI IP-ядра)**. Данный формат позволяет запускать алгоритм в средах синтеза и имплементации алгоритма на ПЛИС. Лицензируется с привязкой к аппаратной платформе заказчика с запретом на распространение и запуск на в составе какой-либо иного ЭВМ или моделирующего ПО, кроме включенного в текст лицензионного соглашения. Лицензионное соглашение запрещает дизассемблирование и реверс-инжиниринг. Разрешает синтез списков подключения (netlist) на ПЛИС под лицензированную аппаратуру заказчика. Запрещает распространение списков подключения.

Гарантируется имплементация алгоритма в ПЛИС со следующими техническими характеристиками:

- Максимальная тактовая частота работы ядра – 450 МГц (Zynq7100/ Zynq7045)
 - Ресурсы (P=5, M=5); LUT – 4682; DSP – 57 (в режиме 1 clk/sample)/ 31 (в режиме 2 clk/sample) при максимальном количестве коэффициентов; FF – 12645(в режиме 1 clk/sample при максимальной тактовой частоте 450 МГц)
4. **Исходный код модели DPDex-IP на языке C** (не лицензируется по неисключительным типам лицензий)
 5. **Зашифрованный имитационный блок DPDex-IP для библиотеки среды Simulink в формате .slsx.** Данный формат поставки алгоритма DPDex-IP предназначен для имитационного моделирования работы алгоритма в окружении других математических алгоритмов радиотехнического тракта средствами Simulink. Это позволяет осуществлять подбор параметров предсказания посредством имитации и оценивать интегральные характеристики системы перед принятием решения о внедрении алгоритма DPDex-IP в техническую систему. По умолчанию из имитационного блока Engee-DPDex-IP запрещено получать объектный или исходный код любого вида без приобретения соответствующей лицензии. Лицензируется с привязкой к аппаратной платформе заказчика с запретом на распространение и запуск в составе какой-либо иного ЭВМ или моделирующего ПО, кроме включенного в текст лицензионного соглашения. Осуществляется привязка к конкретной лицензии и версии программного окружения. Лицензионное соглашение запрещает дизассемблирование и реверс-инжиниринг, синтез кода без покупки соответствующих лицензий (1, 3).

Состав лицензируемых модулей ПП ЭЦС

Пакет программ Экспонента цифровые системы регулярно обновляется.

Актуальный список доступных публично модулей публикуется на витринах new.exponenta.ru/comms и engee.com/community/ru/catalogs/projects.

ПП ЭЦС содержит более 500 специализированных отраслевых алгоритмов и моделей. Ниже приведена статистика по наиболее востребованным техническим дисциплинам и отраслевым тематикам:

Авиационная техника	12
Автомобильная техника	8
Цифровая обработка сигналов	23
Электроэнергетика	17
Управление в технических системах	49
Физическое 1-D моделирование	84
Радиотехника	22
Радары	26
Радиосвязь	49
Анализ технических данных	27
Математическое моделирование	70
Обработка изображений	26

Инструкция по установке и применению

Дистрибутивы отделяемых коммерчески лицензируемых IP-ядер распространяются после подписания лицензионного соглашения. Для оценки алгоритмов рекомендуется использовать IP-ядра в форме вычислительных блоков отечественной среды Engее, в которой они предустановлены по оценочной лицензии. Для коммерческого применения в составе технических устройств или внешнего расчетного ПО применяются бинарные версии IP-ядер ПП ЭЦС как в режиме использования в отечественной среде Engее, так в режиме отдельной работы программ и на любой Linux-совместимой ОС.

Рассмотрим установку и запуск отдельного IP ядра из состава ПП ЭЦС на примере DPDex-IP, которое предназначено для расчета коэффициентов систем ввода предсказаний на основе полиномиальной модели с памятью по итерационному алгоритму наименьших квадратов. Данный компонент из состава ПП ЭЦС обрабатывает записанные значения измерений, снятых с аппаратуры связи или синтезированных программно в средах моделирования.

Для выполнения тестового прогона конкретного IP-ядра необходимо выполнить следующие шаги:

1. Распакуйте архив с IP ядрами из состава ПП ЭЦС [ExDiSys.zip](#):
 - С помощью командной строки: переведите командную строку в режим shell символом `;` и выполните команду `unzip ExDiSys.zip`
 - В случае использования в среде Engее Распаковать можно также с помощью ПКМ на файле архива, как показано на скриншоте.
2. Перейдите в директорию соответствующего IP ядра:
 - Перейдите в директорию IP ядра в файловом браузере Engее (именно перейдите, а не разверните, чтобы директория добавилась в путь) или выполните в командной строке команду. Например, для перехода в директорию `DPDex-IP_to_users` выполните команду: `cd DPDex-IP_to_users`.
 - В директории IP ядра находится исполняемый файл с расширением `.o`. В расширенных лицензиях нужно выполнить сборку исполняемого файла с помощью команды `make`
3. Запустите скрипт [start.sh](#):
 - При первом запуске может потребоваться предоставить разрешение для запуска. Выполните команду `chmod +x ./start.sh`
 - Запустите скрипт прогона данных через IP-ядро. Выполните команду `./start.sh`
 - В результате прогона в директории IP-ядра появятся файлы с результирующими данными. Коэффициенты запишутся в текстовый файл с расширением `*.txt`. Нумерация коэффициентов соответствует их реальному расположению в аналитической полиномиальной модели с памятью. Данные коэффициенты можно использовать в любом исполняемом устройстве, в основе которого лежит полиномиальная модель с памятью.

Выполнение ядра считается успешно выполненным при получении сообщения «Тестирование завершено успешно». Для прогона собственных записанных сигналов их необходимо разместить в поддиректориях `tb_data` соответствующих IP ядер. Встраивание алгоритмов IP-ядер в сторонние программные или аппаратные средства требует приобретения соответствующих лицензий и документации.

Системные требования для запуска ПП ЭЦС

- Операционная система на основе Linux
- Директория с установленным дистрибутивом модуля ПП ЭЦС
- Установленный один из тулчейнов компиляции кода: GNU ARM GCC, make, CMake