Правительство Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

(НИУ ВШЭ)

УДК 310.16

Рег. № НИОКТР АААА-А20-120010980095-10

Рег. № ИКРБС

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

СОЗДАНИЕ КОНЦЕПЦИИ И ПИЛОТНОГО ОБРАЗЦА КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР) МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ И МИКРОМОДУЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

(промежуточный)

Руководитель НИР,

укажите должность руководителя НИР,

укажите ученую степень и звание руководителя НИР \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.И. Нефедов

Москва 2020

**СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Руководитель НИР, должность, звание, степень | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  подпись, дата | И.О. Фамилия  (введение, заключение, раздел 1) |
| Отв. исполнитель, должность, звание, степень | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  подпись, дата | И.О. Фамилия  (введение, заключение, раздел 1) |
| Исполнители: |  |  |
| Должность, звание, степень | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  подпись, дата | И.О. Фамилия  (введение, раздел 2, 3,4) |
|  |  |  |
| Должность, звание, степень | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  подпись, дата | И.О. Фамилия  (введение, раздел 1) |
|  |  |  |
| Нормоконтроль | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  подпись, дата | И.О. Фамилия |

**РЕФЕРАТ**

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 5](#_Toc99623374)

[1 АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МИКРОСХЕМ МИКРОМОДУЛЕЙ 6](#_Toc99623375)

[1.1 Анализ представленных на рынке зарубежных продуктов 6](#_Toc99623376)

[1.2 Анализ представленных на рынке отечественных продуктов 7](#_Toc99623377)

[1.3 Функционал САПР применяемых для разработки микросхем 11](#_Toc99623378)

[1.4 Выводы по разделу 13](#_Toc99623379)

[2 АНАЛИЗ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ САПР 14](#_Toc99623380)

[2.1 Анализ представленных на рынке отечественных и зарубежных операционных систем 14](#_Toc99623381)

[2.2 Анализ возможностей представленных на рынке САПР 26](#_Toc99623382)

[3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРЯДКА РАЗРАБОТКИ МИКРОСХЕМ И МИКРОМОДУЛЕЙ 27](#_Toc99623383)

[4 СРЕДА РАЗРАБОТКИ МИКРОСХЕМ И МИКРОМОДУЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПАКЕТОВ САПР 27](#_Toc99623384)

[4.1 Понятие цифрового двойника и его адаптация к порядку разработки микросхем и микромодулей 27](#_Toc99623385)

[4.2 Разработка структурной схемы программного обеспечения для проектирования микросхем и микромодулей 27](#_Toc99623386)

[4.3 Описание протоколов обмена данными между модулями. 27](#_Toc99623387)

# **ВВЕДЕНИЕ**

Отечественная электронная промышленность на сегодняшний день занимает далеко не ведущие места в мировом объеме экспорта, чего не скажешь об импорте высокотехнологической продукции, которая тесно связана с развитием ракетно-космической, транспортного машиностроения, авиастроение и других отраслей.

Одной из причин этого является отставание нашей страны в области технологий проектирования и, в частности, в области создания собственных независимых систем автоматизированного проектирования микроэлектронных устройств. Отсутствуют современные российские фабрики, производящие монокристаллы Ge и GaAs, из которых изготовляются пластины для производства микросхем. Такие пластины поставляются из Европы и США. Долгие годы считалось, что целесообразно применять иностранные разработки вместо создания собственных. Это привело к утрате, в значительной степени культуры создания современных средств автоматизированного проектирования. В тоже время, без современной отечественной электроники невозможна технологическая независимость государства, а ее создание в первую очередь в части доверенных систем является невозможным без создания современного отечественного САПР, превосходящего по своим возможностям зарубежные.

Таким образом, сформулированная тема данного проекта является актуальной. В этом проекте предлагается начать разработку такого САПР, провести аналитическую работу, предшествующую разработке, подготовить базовые технические документы, необходимые для организации разработки, а также создать прототип системы, обладающий самостоятельным начальным коммерческим потенциалом.

**1 АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МИКРОСХЕМ МИКРОМОДУЛЕЙ**

**1.1 Анализ представленных на рынке зарубежных продуктов**

Долгое время рынок микроэлектронных САПР полностью монополизирован тремя американскими компаниями: Mentor Graphics, Cadence и Synopsis.

Следует отметить, что чрезвычайно дорогостоящее микроэлектронное производство совершенно беспомощно без САПР, а в стоимости самой интегральной схемы доминирует стоимость разработки, а не производства. Именно по причине крайней дороговизны американских САПР роскошь покупки временных лицензий на их использование могут себе позволить только крупные дизайн-центры, и они совершенно недоступны для малых предприятий. Таким образом, потенциал страны в разработке интегральных схем тоже очень ограничен. По оценкам экспертов, потребность импортозамещения интегральных схем значительно превышает наши возможности по проектированию и производству.

## **1.2 Анализ представленных на рынке отечественных продуктов**

Отсутствие отечественных систем автоматизированного проектирования – глобальная проблема российской электроники. Системы, которые используются российские разработчиками микросхем принадлежат иностранным компаниям и ориентированы на зарубежные стандарты проектирования и производства. В условиях неустойчивой внешнеполитической обстановки, отечественным проектировщикам электроники, особенно из госсектора, переход на российские программные продукты необходим в кротчайшие сроки.

В попытке решить проблемы в отрасли электронной промышленности был создан проект «Стратегия развития электронной промышленности РФ на период до 2030 года», разработанный ведущим отраслевым институтом в гражданском сегменте радиоэлектронной промышленности ЦНИИ «Электроника» по заказу Минпромторга России.

Среди отечественных разработчиков систем автоматизированного проектирования стоит выделить ООО «Интегральные Решения» и НПК «Технологический центр».

САПР БИС "Ковчег" предназначен для разработки КМОП БИС на основе базовых матричных кристаллов серий 5503, 5507, 5521, 5528 и 5529 объемом от 650 до 1200000 условных вентилей.

В состав САПР БИС "Ковчег" входят все основные подсистемы, необходимые для разработки и подготовки к производству полузаказной БИС, а именно:

* подсистема функционально-логического моделирования;
* подсистема размещения ячеек на поле БМК;
* подсистема синтеза топологии;
* специализированный топологический редактор;
* подсистема верификации;
* подсистема расчета параметров топологии;
* подсистема аттестации проекта.

САПР БИС "Ковчег" имеет единую программную оболочку, функционирующую в среде Windows. Ввод схемы осуществляется средствами графического редактора схем, также может быть использовано текстовое структурное описание схемы. Подсистема функционально-логического моделирования позволяет получить временные диаграммы функционирования проекта БИС, оценить устойчивость проекта в зависимости от воздействия внешних факторов, провести анализ влияния топологических параметров на функционирование и устойчивость проекта. Совмещенная подсистема ручного и автоматического размещения ячеек на поле БМК позволяет повысить коэффициент заполнения поля БМК до 80 - 90%. Синтез топологии выполняется с учетом списков цепей приоритетной разводки и скоростных цепей. Подсистема верификации, с одной стороны, проверяет выполнение требований стандарта кодирования топологии БИС, с другой - осуществляет проверку соответствия полученной топологии БИС ее логической схеме. Подсистема расчета топологии обеспечивает расчет задержек в топологических цепях с учетом возможного разброса топологических параметров. Подсистема аттестации проекта позволяет проверить поведение проекта микросхемы в зависимости от значений внешних воздействующих факторов и топологического разброса.

САПР БИС "Ковчег" имеет учебную версию, которая позволяет осуществлять полный цикл разработки специализированных БИС БМК серии 5503.

САПР «Symica» («Симика»)

Symica Design Environment (SymicaDE) объединяет составные части САПР Симика: редактор библиотек, схемотехнический редактор, символьный редактор, иерархический редактор, среду формирования задания на моделирование, входные/выходные трансляторы, пост-процессор и прочее.

Symica Schematic Editor — это полнофункциональный схемотехнический редактор для создания чертежа электронной схемы.

* принятая в индустрии организация проекта в виде библиотек/ячеек/представлений (libraries/cells/views)
* поддерживаемые представления: schematic, symbol, config, functional (Verilog HDL), veriloga (Verilog-A), spicenl (SPICE-netlist)
* развитая среда формирования заданий на моделирование
* возможность организации сложной иерархии
* задание шин, глобальных и иерархических цепей
* проверка правил составления электрической схемы (ERC)
* организация поиска по схеме с возможностью множественной замены
* редактирование параметров схемы непосредственно на чертеже
* интерфейс задания смешанного моделирования и запуска Verilog HDL

SymSpice является программой схемотехнического моделирования. SymSpice обеспечивает точность и время моделирования на уровне индустриальных программ класса SPICE.

* Поддерживаемые модели:
* resistor, physical resistor, capacitor, inductor;
* диоды level 1, 2 и 3, Juncap, Juncap200;
* транзисторы BJT Гуммель-Пун, HICUM 2.1, VBIC 1.2, MEXTRAM, MOS1, MOS3, BSIM3v3.2, BSIM4, BSIM4.5.0, BSIM5, BSIM6, BSIM-CMG 106, EKV 2.6, EKV3, BSIM3-SOI, PSP 102, PSP psp1020, JFET, HiSIM HV 1.2.2, Graphene FET, CNT;
* идеальные и управляемые источники питания.
* Поддерживаемые форматы входных файлов: HSPICE® и Spectre®
* Поддерживаемые анализы: TRAN, DC, AC, SWEEP, Monte Carlo
* интерфейс для смешанного цифро-аналогового моделирования
* многоядерные вычисления
* точность моделирования на уровне индустриальных стандартов
* возможность автоматического вычислений параметров схемы и оптимизации (.measure, .optimize)

SymSpice Turbo специально разработанный Fast-SPICE симулятор для работы со сверхбольшими интегральными схемами и системами на кристалле. Большинство существующих Fast-SPICE симуляторов компенсируют сокращение скорости моделирования за счёт понижения точности. Разработанные компанией ООО «Интегральные Решения» специальные математические методы позволяют поддерживать точность Fast-SPICE моделирования на уровне "golden" SPICE. Скорость расчёта для типичных цифро-аналоговых проектов из нескольких тысяч транзисторов может увеличиться от 3-х до 10 раз.

SymProbe — это программа просмотра и обработки результатов схемотехнического моделирования. SymProbe предоставляет полный набор функций, необходимых разработчику аналоговых схем, в удобном графическом интерфейсе. В результате применения уникальной структуры хранения и работы с данными SymProbe позволяет открывать и быстро отображать файлы гигабайтных размеров.

* отображение результатов различных видов анализов: TRAN, DC, AC, SWEEP, Monte Carlo
* гибкая настройка отображения окон и графиков
* возможность создания множественных осей X/Y
* курсоры для измерения значений графиков
* простая навигация и сравнение графиков
* калькулятор графиков поддерживает более 50 операций
* специализированные функции обработки сигналов: Fourier transform, eye diagrams, histograms

Symica Grid — специальная версия САПР Симика, состоящая из комплекса инструментов, позволяющих проводить верификацию проектов для краевых условий, параметрический и статистичекий анализ в распределённой вычислительной сети. Это даёт возможность аттестовать (верифицировать) проекты, используя максимум возможностей имеющейся вычислительной сети. Интерфейс SymicaADE Grid (Symica Analog Design Environment for Grid computing) предоставляет удобный доступ для формирования заданий на моделирование и исполнения их в пакетном режиме. SymSpice Grid является программой схемотехнического моделирования, позволяющей проводить до 6 параллельных запусков программы моделирования на узлах вычислительной сети. SymSpice Grid основана на SymSpice Turbo, что обеспечивает не только возможность распределённых вычислений, но и даёт все преимущества Fast-SPICE: высокая скорость моделирования при сохранении точности.

## **1.3 Функционал САПР применяемых для разработки микросхем**

Исходя из исходных данных, осуществляется построение модели системы на основе программных средств Cadence SPW2000 и i-Architect. Модель строится в специализированном BDE редакторе в виде иерархической блок-диаграммы на основе встроенной библиотеки блоков SPW2000 и модулей MATLAB, IP блоков, включая прямую поддержку IP ядер Xilinx и блоков, описанных на языках C/C++/SystemC. Библиотека SPW2000 насчитывает более 3500 модулей, включая коммуникационные системы: CDMA, GSM, GPRS, WLAN, Bluetooth, ADSL и др. Тем не менее, следует отметить, что среди 3500 модулей отсутствуют модули радиационно-стойкой электронной компонентной базы специального назначения. Однако также следует обратить внимание на возможность расширения данных модулей, то есть с этой точки зрения библиотека САПР Cadence Design System является открытой. Также к положительным моментам следует отметить возможность сопряжения САПР Cadence Design System с математическим пакетом MATLAB, что даёт возможность применения методов синтеза виртуальной реальности и расширяет спектр применимости на уровне разрабатываемых модулей библиотеки радиационно-стойкой ЭКБ СН.

После разработки системы в i-Architect проводится её моделирование и анализ. Средства SPW2000 позволяют моделировать работу всей системы в целом и отдельных её блоков. Моделирование может проводиться с реальными данными и сигналами.

В SPW любой из функциональных блоков системы может быть замещен его реализацией на языке HDL. Архитектура моделирования SPW дает возможность полносистемного моделирования на смешанных уровнях представления, позволяя оптимизировать рост временных затрат на верификацию постоянно усложняющегося проекта.

Единая архитектура моделирования Incvisive поддерживает Verilog, VHDL, SystemC, SCV PSL/Sugar assertion. Кроме того, Incvisive представляет всесторонние средства отладки, включающие поддержку на уровне транзакций и унифицированную генерацию тестов. В случае необходимости архитектура Incvisive может расширяться другими элементами платформы, включая выборочное ускорение, аналоговое и смешанное моделирование с элементами RF, средствами разработки и отладки алгоритмов, аппаратным ускорителем моделирования Palladium.

Использование архитектуры Incvisive позволяет в 100 раз увеличить производительность аппаратного проектирования по сравнению со стандартным маршрутом разработки на уровне RTL, на 50 % сократить цикл разработки тестов и на 25 % сократить время отладки.

Весь комплекс задач по физическому прототипированию происходит на платформе Cadence First Encounter Ultra, которая позволяет осуществлять: размещение на кристалле, пробную трассировку, быстрый анализ с 2.5D экстракцией, анализ задержек и временной анализ, анализ качества сигналов, физический синтез до 2 миллионов ячеек, средства физической оптимизации, автоматическое разбиение кристалла, присвоение пинов, анализ искажения сигналов средствами Celtic, иерархический синтез сигнала синхронизации с поддержкой нескольких доменов клока, планирование питания с использованием статического и динамического анализа, планирование сетки питания, интерфейсы с ведущими средствами разработки топологии.

Для автоматической трассировки цифровых блоков на технологиях до 0,18 мкм традиционно использовались средства Silicon Ensemble от Cadence. Однако выход производства на субмикронные технологии обусловил необходимость перехода на соответствующие средства трассировки кристаллов. В этой области Cadence предлагает высокоэффективные средства NanoRoute для разработки топологии цифровых ИС на нанотехнологиях меньше 130 нм.

Проектирование СБИС с использованием современных технологий (0,13 мкм и менее) становится невозможным без детального анализа разработанной топологии, учета влияния на временные характеристики кристалла наводок и помех на проводниках и разброса напряжения питания на ячейках. Для решения комплекса этих задач могут быть использованы средства Cadence, ориентированные на нанотехнологии: Fire&Ice - 3D экстракция паразитных параметров из топологии кристалла; Celtic - быстрая и эффективная система анализа перекрестных помех на проводниках и, как следствие, различных искажений сигналов; VoltageStorm - инструмент учета влияния разброса напряжения питания на временные характеристики системы.

Современные технологии Cadence основаны на открытых базах Open Access и легко конфигурируются в сквозной маршрут проектирования. Именно поэтому программные средства Cadence широко используются ведущими компаниями в России и за рубежом.

## **1.4 Выводы по разделу**

Таким образом, САПР Cadence Design System имеет возможность в дальнейшем использована для адаптации методов синтеза виртуальной реальности с целью разработки библиотеки модулей отдельных радиационно-стойких элементов ЭКБ СН из-за их отсутствия в стандартной библиотеке модулей.

# **2 АНАЛИЗ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ САПР**

## **2.1 Анализ представленных на рынке отечественных и зарубежных операционных систем**

Операционные системы РФ:

|  |  |
| --- | --- |
| Альт Линукс СПТ | «Альт Линукс СПТ» представляет собой унифицированный дистрибутив на базе Linux для серверов, рабочих станций и тонких клиентов со встроенными программными средствами защиты информации, который может быть использован для построения автоматизированных систем по класс 1В включительно и информационных систем персональных данных (ИСПДн) по класс 1К включительно. ОС позволяет одновременно хранить и обрабатывать на одном персональном компьютере или сервере конфиденциальные данные, обеспечивать многопользовательскую работу с разграничением доступа к информации, работать с виртуальными машинами, а также использовать средства централизованной авторизации. Выданный ФСТЭК России сертификат подтверждает соответствие продукта требованиям следующих руководящих документов: «Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищённости от несанкционированного доступа к информации» — по 4 классу защищённости; «Защита от несанкционированного доступа к информации. Часть 1. Программное обеспечение средств защиты информации. Классификация по уровню отсутствия недекларированных возможностей» — по 3-му уровню контроля и технических условий. Техническая поддержка пользователей «Альт Линукс СПТ »осуществляется компанией «Свободные программы и технологии» через партнёра-разработчика «Базальт СПО». |
| ОСь | Российский проект по созданию экосистемы программных продуктов на базе дистрибутива Linux, предназначенных для комплексной автоматизации рабочих мест и IT-инфраструктуры организаций и предприятий, в том числе в дата-центрах, на серверах и клиентских рабочих станциях. Платформа представлена в вариантах «ОСь.Офисная» и «ОСь.Серверная». Они различаются наборами включённого в дистрибутив прикладного ПО. Офисная редакция продукта содержит собственно операционную систему, средства защиты информации, пакет программ для работы с документами, почтовый клиент и браузер. В состав серверной версии включены операционная система, средства защиты информации, инструменты мониторинга и системного управления, сервер электронной почты и СУБД. В числе потенциальных пользователей платформы фигурируют федеральные и региональные органы власти, органы местного самоуправления, компании с государственным участием и государственные корпорации. Предполагается, что экосистема на основе «ОСи» в ближайшем будущем станет полноценной альтернативой западным аналогам. |
| Astra Linux | Разработка научно-производственного объединения «РусБИТех», представленная в двух вариантах: Astra Linux Common Edition (общего назначения) и Astra Linux Special Edition (специального назначения). Особенности последней версии ОС: развитые средства обеспечения информационной безопасности обрабатываемых данных, механизм мандатного разграничения доступа и контроля замкнутости программной среды, встроенные инструменты маркировки документов, регистрации событий, контроля целостности данных, а также прочие обеспечивающие защиту информации компоненты. По заверениям разработчиков, Astra Linux Special Edition — единственная программная платформа, сертифицированная одновременно в системах сертификации средств защиты информации ФСТЭК России, ФСБ, Минобороны РФ и позволяющая обрабатывать в автоматизированных средствах всех министерств, ведомств и других учреждений Российской Федерации информацию ограниченного доступа, содержащую составляющие государственную тайну сведения с грифом не выше «совершенно секретно». |
| Rosa Linux | Семейство операционных систем ROSA Linux включает внушительный набор решений, предназначенных для домашнего использования (версия ROSA Fresh) и применения в корпоративной среде (ROSA Enterprise Desktop), развертывания инфраструктурных IT-служб организации (ROSA Enterprise Linux Server), обработки конфиденциальной информации и персональных данных (РОСА «Кобальт»), а также составляющих государственную тайну сведений (РОСА «Хром» и «Никель»). В основу перечисленных продуктов положены наработки Red Hat Enterprise Linux, Mandriva и CentOS с включением большого количества дополнительных компонентов — в том числе оригинальных, созданных программистами научно-технического центра информационных технологий «РОСА». В частности, в составе дистрибутивов ОС для корпоративного сегмента рынка представлены средства виртуализации, ПО для организации резервного копирования, инструменты для построения частных облаков, а также централизованного управления сетевыми ресурсами и системами хранения данных. |
| Calculate Linux | Calculate Linux представлен в редакциях Desktop, Directory Server, Scratch, Scratch Server и создан с прицелом на домашних пользователей и организации малого и среднего бизнеса, предпочитающие использовать ПО с открытым исходным кодом вместо проприетарных решений. Особенности платформы: полноценная работа в гетерогенных сетях, механизм перемещаемых профилей пользователей, инструментарий централизованного развертывания программного обеспечения, простота администрирования, возможность установки на портативные USB-накопители и поддержка бинарных репозиториев обновлений Gentoo. Важно, что команда разработчиков доступна и открыта для любых замечаний, предложений и пожеланий пользовательской аудитории, о чем свидетельствует огромное количество способов принять участие в сообществе Calculate Linux и развитии платформы. |
| Ульяновск.BSD | Операционная система, которая построена на основе свободно распространяемой платформы FreeBSD и содержит необходимый набор прикладных программ для домашних пользователей и выполнения офисных задач. По словам единственного разработчика ОС Сергея Волкова, «Ульяновск.BSD» полностью адаптирована к потребностям именно русскоязычных пользователей. «Наша сборка [FreeBSD] максимально облегчена и идеально подходит для использования как на домашних компьютерах, так и на рабочих станциях сотрудников различных организаций, а также для использования в образовательных заведениях», — утверждает автор проекта, не вдаваясь в подробности того, чем конкретно скомпилированный им продукт отличается от оригинала. Солидности проекту добавляют не только наличие распространяемого на коммерческих условиях дистрибутива и платная техническая поддержка, но и запись в реестре российского ПО. Это означает, что программная платформа «Ульяновск.BSD» на законных основаниях может применяться государственными организациями в рамках проектов по внедрению импортозамещающих технологий. |
| ICLinux | Сертифицированная и защищённая операционная система, позволяющая обрабатывать информацию в соответствии с ФЗ № 152 «О персональных данных» и реализовывать системы обработки информации ограниченного доступа, не относящейся к государственной тайне. ICLinux включает средства удалённого администрирования, имеет встроенный межсетевой экран, сертифицированный на соответствие РД МЭ по 3-му классу защищённости, поддерживает RDP, X-Windows System, SSH, Telnet, VNC, VPN, NX, ICA и прочие протоколы. Также в активе платформы значатся совместимость со средствами аутентификации компании «Аладдин Р.Д.» и модульная архитектура, которая позволяет гибко настраивать операционную систему под требования заказчика. |
| Альфа ОС | Ещё один клон Linux, снабжённый пользовательским интерфейсом а-ля macOS с набором привычных офисных приложений и наполненный глубоким философским смыслом. Без шуток, на сайте разработчика в разделе «О компании», так и сказано: «*Операционная система — это особое явление, точка, в которой сходятся технологические, эстетические и гуманитарные концепции. Вершина, которая видна со всех сторон. Чтобы она засияла, стала тем, чем должна быть, необходим самый разнообразный осмысленный опыт. И он у нас есть*». Сколько экспрессии в этих словах, какая подача информации! Согласитесь, не каждый может так выразительно преподнести свой продукт широкой аудитории. В настоящий момент «Альфа ОС» представлена в виде десктопной версии для x86-совместимых систем. В будущем компания ALFA Vision намерена выкатить на рынок мобильную и серверную редакции ОС, а также сборку дистрибутива для устройств на базе процессоров ARM. |
| Эльбрус | Программная платформа, разработанная специально для вычислительных комплексов с архитектурой SPARC и «Эльбрус». Особенностью системы является кардинально переработанное ядро Linux, в котором были реализованы особые механизмы управления процессами, виртуальной памятью, прерываниями, сигналами, синхронизацией, поддержка тегированных вычислений. «*Нами была проделана фундаментальная работа по преобразованию ОС Linux в операционную систему, поддерживающую режим работы в реальном времени, для чего были реализованы актуальные оптимизации в ядре. В ходе работы в реальном времени можно устанавливать различные режимы обработки внешних прерываний, планирования вычислений, обменов с дисковыми накопителями и некоторые другие*», — поясняют в компании «МЦСТ». Помимо этого, в ядро программной платформы «Эльбрус» встроен комплекс средств защиты информации от несанкционированного доступа, который позволяет использовать ОС для построения автоматизированных систем, отвечающих самым высоким требованиям информационной безопасности. Также в составе системы представлены средства архивации, планирования заданий, разработки ПО и прочие инструменты. |
| Ред ОС | Операционная система на основе ядра Linux, созданная с прицелом на обеспечение безопасности обрабатываемых данных. «Ред ОС» соответствует отечественным требованиям по защите информации, имеет преднастроенные конфигурации для каждой аппаратной архитектуры, использует алгоритмы ГОСТ 34.11-2012 в протоколах ssh и NX, а также поддерживает списки управления доступом. Помимо этого, ОС поддерживает сетевую аутентификацию с помощью подключаемых модулей аутентификации (PAM, Pluggable Authentication Modules) и имеет в своём составе специализированную подсистему распределенного аудита, которая позволяет отслеживать критичные события безопасности в корпоративной сети и предоставляет IT-администратору необходимые инструменты для оперативного реагирования на инциденты ИБ. |
| GosLinux | ОС GosLinux создана специально для нужд Федеральной службы судебных приставов Российской Федерации (ФССП России) и пригодна для использования во всех органах власти, государственных внебюджетных фондах и органах местного самоуправления. Платформа построена на базе дистрибутива CentOS 6.4, включающего наработки Red Hat Enterprise Linux. Система представлена в двух редакциях — для серверов и рабочих станций, содержит упрощенный графический интерфейс и набор преднастроенных средств защиты информации. Разработчик ОС — компания «Ред Софт», победившая в марте 2013 года в конкурсе на доработку, внедрение и сопровождение автоматизированных информационных систем ФССП России. В 2014 году система получила сертификат соответствия ФСТЭК России, подтверждающий, что «ГосЛинукс» имеет оценочный уровень доверия ОУД3 и соответствует требованиям руководящего документа Гостехкомиссии РФ по 4-му уровню контроля отсутствия недекларированных возможностей. Дистрибутив ОС GosLinux для органов государственной власти размещён в национальном фонде алгоритмов и программ по адресу [nfap.minsvyaz.ru](https://nfap.minsvyaz.ru/apf/Public/PublicCard/5957). В настоящий момент платформа GosLinux активно развертывается во всех территориальных органах и подразделениях ФССП России. Также ОС передана на опытную эксплуатацию представителям властей Нижегородской, Волгоградской и Ярославской областей. |
| AlterOS | Ещё одна сборка Linux в нашем списке, которая определённо не страдает от недостатка хвалебных эпитетов в свой адрес со стороны разработчиков. «*Уникальная, идеальная, простая, совмещающая в себе удобство операционной системы Windows, стабильность macOS и безопасность Linux*» — такими возносящими AlterOS до небес фразами вдоль и поперёк прошит официальный сайт продукта. В чём именно заключается уникальность отечественной платформы, на сайте не сказано, зато представлена информация о трех редакциях ОС: AlterOS «Волга» для государственного сектора, AlterOS «Амур» для корпоративного сегмента и AlterOS «Дон» для серверов. Сообщается о совместимости системы со множеством востребованных в бизнес-среде программных решений, в том числе с «1С» и «Консультант Плюс», а также отечественными средствами криптозащиты (например, «КриптоПро»). Отдельный акцент сделан на отсутствии в версии платформы для госорганизаций ПО, которое взаимодействует с иностранными серверами, — всё сделано по канонам максимального импортозамещения, заявляют разработчики. |
| Заря | Семейство программных платформ на ядре Linux, которые представляют собой альтернативу зарубежным ОС, применяемым сейчас в силовых ведомствах, госсекторе и на оборонных предприятиях. Настольная операционная система «Заря» совместима с большинством традиционных офисных приложений и программ. Серверная платформа «Заря-ЦОД» позволяет организовать сервер приложений или сервер базы данных. Для построения центров обработки данных она предлагает стандартный набор серверного ПО, средства виртуализации, а также возможность работы на так называемом «большом железе», включая мейнфреймы. Для встраиваемых систем, работающих без участия человека, которые должны обрабатывать информацию в режиме реального времени, разработана специальная ОС «Заря РВ». Система соответствует третьему классу защиты от несанкционированного доступа и второму уровню контроля отсутствия недекларированных возможностей. Платформа разработана по заказу Минобороны России и, как ожидается, будет востребована силовыми ведомствами, оборонным комплексом, а также коммерческими структурами, работающими с государственной тайной и персональными данными. |

Astra Linux

Операционная система на базе ядра Linux, созданная для комплексной защиты информации и построения защищенных автоматизированных систем. Востребована в первую очередь в российских силовых ведомствах, спецслужбах и гос органах.

Операционная система со встроенными верифицированными средствами защиты информации (СЗИ). Подходит для защищенных IT-инфраструктур любого масштаба и работы с данными любой степени конфиденциальности, включая государственную тайну «особой важности».

ОС включает программы для работы с документами, графикой и мультимедиа, интернет-браузер, почту, СУБД, web-сервер, средства для резервного копирования.

Может применяться на рабочих местах и как серверная платформа.

Преимущества:

* сертифицирована всеми регуляторами рынка;
* соответствует требованиям по защите информации;
* универсальна — поддерживает все типы устройств: сервер, ПК, планшет, моноблок, «тонкий клиент»;
* удобный графический интерфейс Fly не требует высокой производительности ПК;
* техническая поддержка пользователей от производителя;
* 350+ совместимых программных и аппаратных решений, в том числе HP, Acer, Intel, Huawei, «1С», Kaspersky, «Аладдин Р.Д.», «КриптоПро».

Соответствие требованиям регуляторов обеспечивают:

* встроенная система безопасности PARSEC;
* мандатное разграничение доступа;
* изоляция модулей;
* очистка оперативной и внешней памяти и гарантированное удаление файлов;
* маркировка документов;
* регистрация событий;
* защита информации в графической подсистеме;
* ограничение действий пользователя (режим «киоск»);
* защита адресного пространства процессов;
* контроль замкнутости программной среды и целостности;
* средства организации единого пространства пользователей;
* защищенная среда виртуализации;
* защищенная реляционная СУБД;
* защищенные комплексы программ электронной почты и гипертекстовой обработки данных.

Система может без использования наложенных средств защиты применяться для работы:

* с государственными информационными системами (ГИС) и торговыми площадками;
* с информационными системами обработки персональных данных (ИС ПДН);
* с компонентами критической информационной инфраструктуры (КИИ);
* с вычислительными комплексами для обработки конфиденциальной коммерческой, банковской и служебной информации;
* с системами для работы с информацией, составляющей гостайну, в том числе с грифом «особой важности» (СВТ классов «3А», «2А» и «1А»);
* с защищенными комплексами виртуализации.

Виды операционных систем Astra Linux:

Продукцию Astra Linux можно условно разделить на 2 направления:

ИТ-решения «специального назначения» — подходят для организаций, основная цель которых — обеспечить комплексную защиту конфиденциальных данных на самом высоком уровне секретности.

ИТ-решения для сегмента «широкого потребления» — пользователи могут воспользоваться возможностями операционной системы для решения стандартных ежедневных задач при сохранении повышенного уровня защиты:

* работа с файлами всех типов разрешений и электронной почтой;
* поиск информации в интернете;
* просмотр мультимедийных файлов;
* управление данными и их синхронизация.

Продукты Astra Linux:

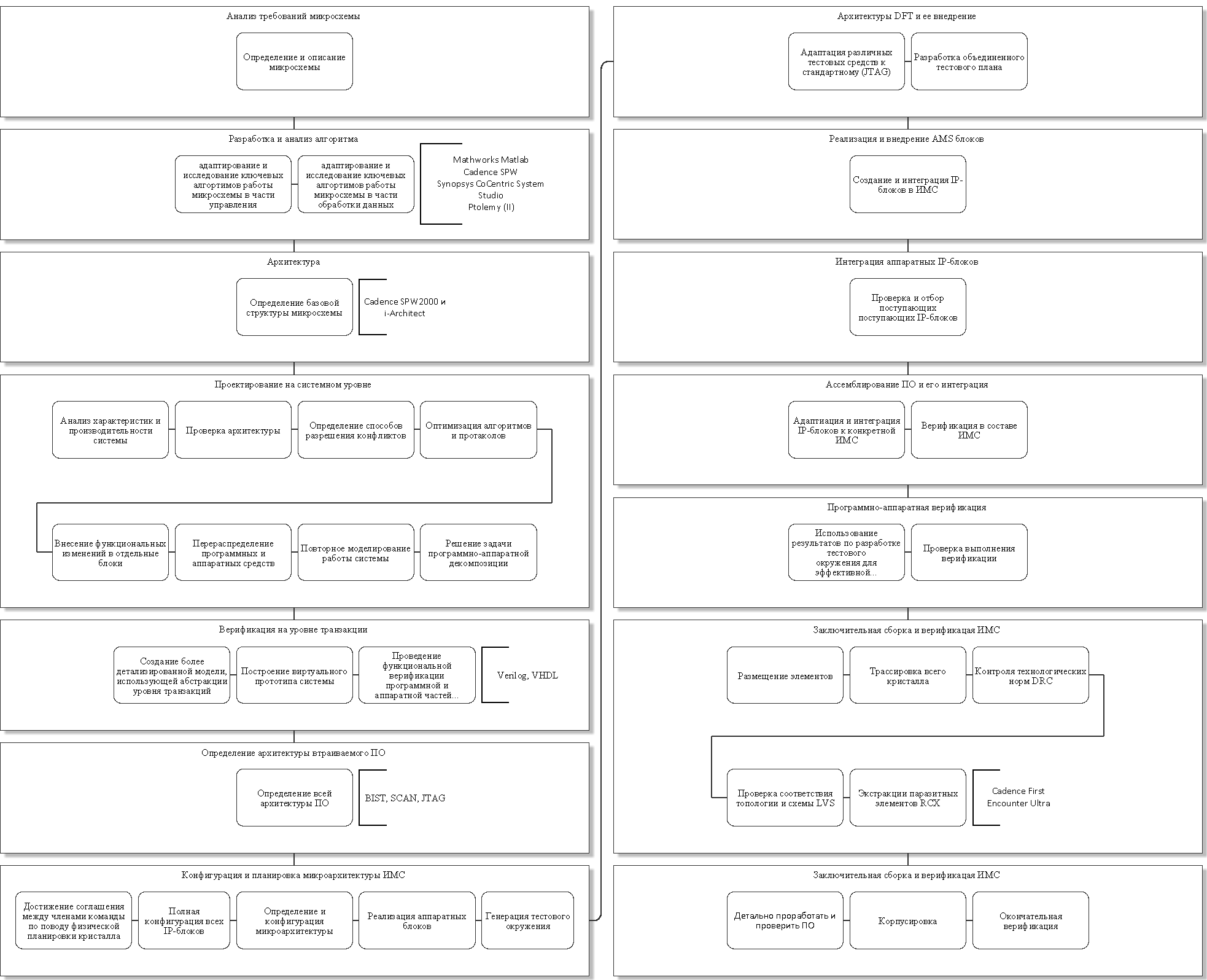
* Astra Linux Special Edition;
* Astra Linux Common Edition;
* комплекс средств виртуализации «Брест»;
* комплекс виртуализации и управления ПК «ВИУ».

Astra Linux отличается от остальных российских операционных систем собственной графической оболочкой пользователя — Fly, в отличие от Alt Linux и «Роса», которые используют стандартные оболочки — GNOME, KDE и Mate. Графический интерфейс Fly обладает простой навигацией рабочего стола, а также файловым менеджером «оконного» типа и возможностью создавать индивидуальные настройки для системных администраторов.

## **2.2 Анализ возможностей представленных на рынке САПР**

----

# **3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРЯДКА РАЗРАБОТКИ МИКРОСХЕМ И МИКРОМОДУЛЕЙ**



# **4 СРЕДА РАЗРАБОТКИ МИКРОСХЕМ И МИКРОМОДУЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПАКЕТОВ САПР**

## **4.1 Понятие цифрового двойника и его адаптация к порядку разработки микросхем и микромодулей**

## **4.2 Разработка структурной схемы программного обеспечения для проектирования микросхем и микромодулей**

## **4.3 Описание протоколов обмена данными между модулями.**