



Отзыв официального оппонента

на диссертационную работу Эннса Виктора Ивановича «Методы и средства разработки специализированных гетерогенных конфигурируемых интегральных схем для вычислительной техники и систем управления», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.13.05 - элементы и устройства вычислительной техники и систем управления и 05.13.12 - системы автоматизации проектирования (технические науки)

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Существенными санкциями западных стран, введенными против Российской Федерации, стали серьезные ограничительные меры в области микроэлектроники. Запрет касается не только поставок в РФ передовой электронной компонентной базы, но и изготовления микросхем, разработанных российскими специалистами, на зарубежных фабриках. В этих условиях способность создания собственных современных микроэлектронных компонентов является ключевым элементом обеспечения технологической независимости и безопасности российского государства.

Важнейшим параметром, определяющим технические характеристики ЭКБ, является уровень технологических проектных норм. В настоящее время для производства микропроцессоров, микросхем памяти и других ключевых элементов вычислительных и управляющих систем в мире используются проектные нормы менее 7 нм. Однако в Российской Федерации полупроводниковые фабрики могут изготавливать микросхемы с нормами не ниже 65 нм. Поэтому создание аппаратуры, не уступающей зарубежным аналогам, в этих условиях возможно только при использовании эффективных инновационных подходов к проектированию электронных компонентов.

Цифровая часть аппаратуры космического и специального назначения строится в основном на базе программируемых логических интегральных схем, которые по эффективности использования площади кристалла и быстродействию существенно уступают заказным схемам. Для реализации микросхемой большого

числа функций в последнее время широко применяется встраивание в кристалл программируемой логики сложно-функциональных блоков. Перспективным является применение и развитие такого подхода не только для расширения функциональных возможностей самих интегральных микросхем, но и для решения задачи обеспечения передовых характеристик микросхем, изготовленных на отечественных полупроводниковых фабриках.

Предложенный автором подход, предусматривающий широкое применение гетерогенных конфигурируемых интегральных схем, в которых используются блоки с различными стилями проектирования (заказным, полузаказным и программируемых схем), в значительной степени решает актуальную задачу комплектования ЭКБ для специализированной аппаратуры.

2. Оценка научной новизны и значимости диссертационного исследования

Возможность успешного проектирования гетерогенных конфигурируемых схем, содержащих на одном кристалле программируемые блоки, блоки базовых матричных кристаллов и блоки на основе стандартных библиотечных элементов, определяется наличием необходимого теоретического описания, математических моделей, маршрутов и методов разработки данных схем.

Научная новизна работы состоит в исследовании и разработке новых обобщенных математических моделей гетерогенных конфигурируемых интегральных схем, позволяющих формализовать решение задач для различных стилей проектирования конфигурируемых интегральных схем и формализовать соответствия между элементами базовых кристаллов и разрабатываемыми схемами заказчиков, функциональность которых требуется запрограммировать в базовом кристалле.

К научной новизне также относится предложенный автором маршрут разработки гетерогенных конфигурируемых цифровых и аналого-цифровых интегральных схем, который позволяет конструировать базовые кристаллы интегральных схем с улучшенными техническими характеристиками для решения

заданных целевых задач. Этот маршрут построен на основе разработанных автором методов предварительного анализа схем заказчиков и метода программного прототипирования, позволяющего за счет оперативной настройки системы автоматизированного проектирования (САПР) на соответствующие изменения в конструкции, схемотехнике и топологии базового кристалла оценить эффективность реализации схем заказчиков в базовом кристалле до фактического изготовления интегральной схемы.

Новым является и предложенный метод разработки аналоговых и аналого-цифровых гетерогенных конфигурируемых интегральных схем на основе формализации описания аналоговых блоков. Известные подходы к анализу сложно-функциональных блоков и IP-ядер расширены введением понятий аналоговых ядер и их онтологий, лежащих в основе описаний на уровне макромоделей.

Все вышеперечисленные результаты позволили автору предложить в работе новый подход к комплектованию специализированной аппаратуры на основе широкого применения гетерогенных конфигурируемых интегральных схем, которые используются как для создания проблемно-ориентированных микросхем, так и для формирования унифицированных рядов универсальных микросхем.

3. Достоверность результатов диссертационной работы и практическая значимость

Достоверность результатов диссертационной работы заключается в экспериментальном подтверждении ее основных выводов и результатов при применении предложенных моделей, методов и алгоритмов при реальном проектировании большого числа конфигурируемых микросхем (БМК, АЦ БМК, ПЛИС, ПАИС), которые внедрены на предприятиях АО «НИИМЭ», АО «Микрон», АО «НИИ «Субмикрон», АО «ДЦ «Союз», АО «НПО автоматики». Помимо подтверждения достоверности результатов диссертационной работы, эти факты указывают и на ее большую практическую значимость.

Достоверность результатов работы подтверждается также аprobацией ее положений на многочисленных научных конференциях и семинарах.

4. Соответствие содержания диссертации и автореферата требованиям ВАК

Структура диссертации полностью соответствует теме, цели и задачам исследования. Работа изложена на 283 страницах, содержит 94 рисунка и 19 таблиц. Работа оформлена в соответствии с действующими требованиями к докторским диссертациям.

Диссертационная работа обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью. Результаты диссертационного исследования изложены в 64 печатных работах, 24 из которых опубликованы в изданиях, включенных в Перечень ВАК, 5 – в журналах, индексируемых в научных базах Scopus и Web of Science.

Автореферат диссертационной работы соответствует всем требованиям ВАК и в полной мере отражает содержание диссертационной работы и ее основные положения, результаты и выводы.

5. Замечания и недостатки

1. Большая часть современной российской аппаратуры спроектирована на базе ПЛИС зарубежного производства. Перевод этой аппаратуры на БМК представляется достаточно целесообразным, однако в работе не приведена методика реализации такого процесса, а также не предложены структура и состав базового матричного кристалла, оптимального для решения данной задачи.
2. В разделе 2.4 представлено новое архитектурное решение программируемой интегральной схемы. Однако не описаны коммутационные коробки, конструкция и схемотехника которых могут влиять на характеристики микросхемы в целом.

3. В главе 3 математические модели, описывающие базовые матричные кристаллы, не выделены в самостоятельный раздел, что может усложнить исследование БМК в последующих работах.
4. В диссертации не оценены аппаратные затраты, которые требуются для реализации алгоритма мягкого декодирования блоковых кодов, описанного в разделе 4.2.3, в конфигурируемых схемах.

6. Заключение

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа Эниса В.И. «Методы и средства разработки специализированных гетерогенных конфигурируемых интегральных схем для вычислительной техники и систем управления» выполнена на высоком научном уровне и в ней на основании выполненных автором исследований получены новые научно обоснованные технические и технологические решения в виде методов и средств проектирования конфигурируемых гетерогенных интегральных схем, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие микроэлектронной отрасли страны.

Работа соответствует паспортам специальностей 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» и 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (технические науки)» и требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

На основании всего вышеизложенного считаю, что автор диссертационной работы Энис В.И. заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» и 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (технические науки)».

Официальный оппонент,
Член-корреспондент НАН Беларуси,
доктор технических наук, профессор,
заместитель Генерального директора по научно-техническим
программам и научной работе ОАО «ИНТЕГРАЛ» -
управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»,
220108, ул. Казинца И.П., д.121А, к.327, г. Минск,
Республика Беларусь, тел. +375 17 26024 61, ABelous@integral.by

Анатолий Иванович Белоус

Дата «24» июля 2022 г.

Подпись А.И.Белоуса удостоверяю.

Начальник управления персонала ОАО
«ИНТЕГРАЛ»-управляющая компания
холдинга «ИНТЕГРАЛ»



Е.К.Савеня