

## О Т З Ы В

официального оппонента Фадеева Романа Сергеевича  
на диссертацию Артемьева Владимира Владимировича

«Проектирование рекурсивных цифровых целочисленных фильтров»  
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

### **1. Актуальность темы исследований**

При проектировании систем цифровой обработки информации, использующих в своей работе алгоритмы цифровой фильтрации и реализуемых на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) или сверхбольших интегральных схемах (СБИС), ставится задача получения требуемых частотных характеристик фильтров при минимальном количестве задействованных ресурсов цифровой платформы. Особо остро вопрос количества необходимых ресурсов ставится для отечественных микросхем базовых матричных кристаллов (БМК), на которых осуществляется изготовление конкретных заказных СБИС, а также для ПЛИС, например, ПЛИС 5576XC7T и 5578TC024. Данные микросхемы имеют сравнительно невысокие показатели количества логических элементов и производительности по сравнению с импортными аналогами. Неоптимальное решение задачи проектирования цифровых фильтров (ЦФ) с заданными частотными характеристиками приводит к нерациональному расходованию площади кристалла, к неоправданному увеличению потребляемой мощности и снижению производительности. В конечном итоге, это препятствует размещению системы ЦОС на одном или малом числе кристаллов что, в свою очередь, приводит к увеличению стоимости изделия. Таким образом, создание методики проектирования рекурсивных ЦФ с учётом основных факторов, определяющих их аппаратную реализацию на ПЛИС/БМК, является актуальной научно-технической проблемой.

## **2. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность положений, выносимых на защиту автором диссертационной работы, подтверждаются корректным использованием методов математического анализа, математической статистики, анализа алгоритмов, формирования и обработки сигналов, цифровой обработки сигналов.

## **3. Научная новизна**

Научная новизна полученных автором результатов заключается в следующем:

- предложено решение задачи математического программирования полимодальной нелинейной целевой функции с заданной системой прямых и функциональных ограничений для проектирования ЦФ которое, в отличие от известных решений, основано на неэквидистантных подмножествах целых чисел численными поисковыми методами;
- предложен способ проектирования целочисленных рекурсивных ЦФ, позволяющий, в отличие от известных способов, находить решение задачи синтеза ЦФ численными методами нелинейного программирования по совокупности требований с учётом особенностей ПЛИС/БМК;
- разработан алгоритм синтеза ЦФ с необходимой характеристикой на основе подмножества целых чисел, отличающийся от известных меньшим числом требуемых ресурсов при реализации на ПЛИС/БМК;
- разработана методика оценки количества сумматоров в ЦФ без умножителей, синтезированных с помощью метода билинейного преобразования и целочисленного нелинейного программирования;
- подтверждено соответствие результатов расчетов математического моделирования целочисленного ЦФ без умножителей, синтезированного методом ЦНП на подмножестве целых чисел, экспериментальным данным.

Полученные автором результаты в целом являются новыми научными знаниями в области исследования по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения». Автором

предложена оригинальная методика проектирования целочисленных рекурсивных ЦФ с учётом особенностей их реализации на ПЛИС/БМК.

#### **4. Достоверность полученных результатов**

Результаты и выводы диссертации согласуются с известными положениями статистической радиотехники, теории чисел, цифровой обработки сигналов. Достоверность полученных результатов и выводов подтверждается данными компьютерного моделирования и экспериментальных исследований на лабораторных макетах.

Основные результаты диссертации опубликованы в 18 работах, из которых 6 работ в журналах, включённых в перечень изданий, рекомендуемых ВАК для опубликования результатов диссертационных работ. Результаты работы докладывались и обсуждались на различных научно-технических конференциях и получили одобрение ведущих специалистов. Получено 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

#### **5. Теоретическая значимость диссертационной работы**

В диссертационной работе решена задача математического программирования полимодальной нелинейной целевой функции с заданной системой прямых и функциональных ограничений для проектирования цифровых фильтров на неэквидистантных подмножествах целых чисел численными поисковыми методами.

Предложенная методика позволяет проектировать рекурсивный цифровой фильтр в целочисленном пространстве состояний с учётом основных факторов, определяющих их реализацию в базисе ПЛИС/БМК.

#### **6. Практическая значимость диссертационной работы**

Диссертация имеет отчетливую практическую направленность, заключающуюся в следующем:

- создан программный продукт, позволяющий сформировать подмножества целых чисел с минимальным количеством сумматоров и структуру этих подмножеств;

- разработано универсальное VHDL-описание целочисленного БИХ-фильтра без умножителей для ПЛИС зарубежного и отечественного производства;

- созданы конструкции 16-ти разрядных ЦФ на отечественных ПЛИС 5576XC7T и 5578TC024, обладающие значительным выигрышем по ресурсам и быстродействию.

На основе предложенной методики разработано программное обеспечение, которое по характеристикам превосходит аналогичные зарубежные продукты.

Практическая значимость подтверждается актом №195-95-30-3340-08/12 о внедрении результатов диссертации в филиале РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова». Акт внедрения прилагается к диссертации.

#### **7. Общие замечания по диссертационной работе**

1. Не обоснован выбор аддитивной формы для целевой функции при проектировании цифрового целочисленного фильтра.
2. Не ясно по какому принципу определялись веса частных целевых функций при синтезе цифрового целочисленного фильтра.
3. Не приведены результаты вычисления значения добротности синтезируемого фильтра и не показано можно ли управлять этим значением.
4. В диссертации проектирование ЦФ проводится только на примере НЧ фильтра. Не рассмотрены фильтры ВЧ, ПФ, а также фильтры с произвольными характеристиками.

Следует отметить, что данные замечания слабо влияют на качество диссертационной работы.

#### **Заключение**

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной автором на высоком научном уровне. В работе представлены научные результаты, позволяющие квалифицировать их как решение задачи, имеющей существенное значение для радиотехники и телевидения, а именно

решение задачи проектирование рекурсивных цифровых фильтров в целочисленном пространстве с учетом основных факторов, определяющих их реализацию на ПЛИС/БМК. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

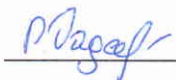
Автореферат соответствует основному содержанию диссертаций.

Диссертационная работа «Проектирование рекурсивных цифровых целочисленных фильтров» отвечает требованиям пункта 9 «Положения о присуждения ученых степеней» утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.13, а ее автор Артемьев Владимир Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Доцент кафедры

«Информационные радиосистемы»

ФГБОУ ВО «Нижегородский  
государственный технический  
университет им. Р.Е. Алексеева»,  
кандидат технических наук

  
23.11.2018

Фадеев Роман Сергеевич

603950, Россия, г.Нижний Новгород,

ул.Минина, 24

[fr\\_201190@mail.ru](mailto:fr_201190@mail.ru)

+7-831-436-78-80

Подпись Р.С.Фадеева заверяю.

Ученый секретарь

Ученого совета НГТУ

к.т.н., доцент





Мерзляков Игорь Николаевич