

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт электронного обучения  
Направление 09.03.01 Информатика и вычислительная техника  
Кафедра информационных систем и технологий

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема работы
<b>Реализация цифрового доплеровского фильтра на DSP ELcore30M</b>

УДК

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В3А	Черепов Андрей Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИСТ	Мальчуков Андрей Николаевич	К.Т.Н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер	Маланова Наталья Викторовна	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Антонова Ирина Сергеевна	К.Э.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ИСТ	Мальчуков Андрей Николаевич	К.Т.Н., доцент		

**ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ОСНОВНОЙ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ  
09.03.01 «ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА», ИК  
ТПУ, ПРОФИЛЬ «ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, КОМПЛЕКСЫ,  
СИСТЕМЫ И СЕТИ»**

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания в области информатики и вычислительной техники, достаточные для комплексной инженерной деятельности.
Р2	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения инженерных задач.
Р3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с созданием аппаратно-программных средств информационных и автоматизированных систем, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.
Р4	Разрабатывать программные и аппаратные средства (системы, устройства, блоки, программы, базы данных и т. п.) в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования.
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретация полученных данных, в области создания аппаратных и программных средств информационных и автоматизированных систем.
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные программно-аппаратные комплексы, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасность труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
Р8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
Р9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
Р10	Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.
Р11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Кибернетики  
Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Кафедра Информационных Систем и Технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Мальчуков А.Н.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8В3А	Черепову Андрею Андреевичу

Тема работы:

<b>Реализация цифрового доплеровского фильтра на DSP ELcore30M</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 07.02.2017 № 709/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2017
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Техническое задание к реализации цифрового доплеровского фильтра на DSP ELcore30M;
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Изучение литературы по основам цифровой обработки сигналов; Изучение документации на ЦСП, для которого разрабатывается ПО; Выбор проектных решений и инструментов для реализации алгоритма; Реализация алгоритма цифровой доплеровской фильтрации; Разработка методики тестирования реализованного алгоритма;

	Тестирование реализованного алгоритма по разработанной методике; Расчет ресурсоэффективности и ресурсосбережения и анализ вредных производственных факторов.
<b>Перечень графического материала</b>	Изображение ЦСП 1892ВМ10Я Функциональная схема ЦСП 1892ВМ10Я Структурная схема DSP кластера ELcore30M
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры менеджмента Антонова И.С.
Социальная ответственность	Инженер Маланова Н.В.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	19.09.2016
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИСТ	Мальчуков Андрей Николаевич	к.т.н., доцент		19.09.2016

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В3А	Черепов Андрей Андреевич		19.09.2016

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики  
 Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника  
 Уровень образования Бакалавриат  
 Кафедра Вычислительной техники  
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года  
 Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.02.2017	Проектирование алгоритма цифровой доплеровской фильтрации	15
01.05.2017	Реализация алгоритма на DSP ELcore30M	25
17.05.2017	Тестирование разработанного программного обеспечения на отладочном модуле NVCom-02TEM-3U	25
25.05.2017	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
25.05.2017	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИСТ	Мальчуков Андрей Николаевич	к.т.н., доцент		19.09.2016

**СОГЛАСОВАНО:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ИСТ	Мальчуков Андрей Николаевич	к.т.н., доцент		19.09.2016

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8В3А	Черепову Андрею Андреевичу

Институт	Кибернетики	Кафедра	Вычислительной техники
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p><i>Анализ и выявление вредных производственных факторов рабочей среды, а именно: электромагнитное излучение, микроклимат, освещение, шумы и прочие, влияющие на организм человека при разработке программного обеспечения в помещении учебной аудитории.</i></p> <p><i>Анализ и выявление опасных производственных факторов проектируемой среды, а именно: электробезопасность и пожаробезопасность.</i></p> <p><i>Утилизация люминесцентных ламп – основной источник загрязнения литосферы.</i></p> <p><i>Чрезвычайная ситуация техногенного характера для данного помещения – пожар.</i></p> <p><i>В качестве исходных данных использованы параметры рабочего помещения, в котором производилась разработка и условия труда при работе с персональным компьютером.</i></p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p><i>Выбор подходящих нормативов и документов (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, СНиП 23-05-95, ГОСТ 6825-91, ГОСТ 12.1.003-83, СНиП 23-03-2003, СанПиН 2.2.4.548-96, ГОСТ 12.0.005-74, ГОСТ Р 51768-2001, 51057-01, ГОСТ 12.10.019 (с изм. №1)), для обеспечения соответствия условий труда Трудовому кодексу РФ.</i></p>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p><i>Анализ выявленных вредных факторов труда разработчика-программиста: недостаточная освещенность рабочей зоны; отклонение параметров микроклимата в помещении; повышенный уровень шума; повышенный уровень излучения электромагнитных полей.</i></p>
--	--

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Анализ выявленных опасных производственных факторов рабочей среды, влияющих на организм человека при разработке программного обеспечения в рабочем помещении учебной аудитории, а именно: опасность поражения электрическим током, опасность поражения статическим электричеством и пожароопасность.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Утилизация используемой орг.техники и люминесцентных ламп.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Чрезвычайная ситуация техногенного характера для данного помещения – пожар. Установка общих правил поведения и рекомендаций во время пожара, план эвакуации.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>Основные проводимые правовые и организационные мероприятия по обеспечению безопасности трудящихся в учебных аудиториях.</p>
<b>Перечень графического материала:</b>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>План эвакуации при пожаре.</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	9.03.2017г.
---	-------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер	Маланова Наталья Викторовна	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В3А	Черепов Андрей Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8В3А	Черепову Андрею Андреевичу

<b>Институт</b>	<b>Кибернетики</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Информационных систем и технологий</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавр</b>	<b>Направление/специальность</b>	09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	На основании информации, представленной в научных статьях и публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах, определить методику расчета экономической эффективности.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка ресурсной, социальной эффективности НИ и потенциальных рисков.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. Таблица проведения и бюджет НИ

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент кафедры менеджмента	Антонова Ирина Сергеевна	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8В3А	Черепов Андрей Андрей		



## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 92 стр., 10 рис., 12 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: ЦОС, импортозамещение, доплеровская фильтрация, ELcore30M, DSP, ЦСП.

Объектом исследования является оптимальная реализация доплеровского фильтра с заранее посчитанными коэффициентами на DSP ELcore30M.

Целью работы является реализация цифрового доплеровского фильтра на российском DSP ELcore30M.

В результате исследования был изучен ассортимент устройств ЦОС для импортозамещения, архитектура ЦСП 1892BM10Я, архитектура и набор команд DSP ELcore30M, принципы работы доплеровских фильтров, реализован алгоритм доплеровской фильтрации для DSP ELcore30M.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: использование языка ассемблера, расширенного командами для DSP ELcore30M.

Степень внедрения: внедрено в компанию ООО «ЛЭМЗ-Т», г. Томск.  
Область применения: автоматизированная система управления технологическим процессом, системы передачи данных.

Значимость работы заключается в реализации алгоритма доплеровской фильтрации, который позволит определять параметры цели, двигающейся, идущей на сближение, используя российский ЦСП производства АО НПЦ «ЭЛВИС» как аналог зарубежных DSP в рамках импортозамещения в оборонной и гражданской промышленности.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

**ПЛИС** - программируемая логическая интегральная схема.

**ЦАП** – цифро-аналоговый преобразователь

**ПК** – персональный компьютер

**ЦСП** – цифровой сигнальный процессор

**DSP** – Digital signal processor – цифровой сигнальный процессор

**PLL** – Phase-Locked Loop – фазовая автоподстройка частоты

**ЦОС** – цифровая обработка сигналов

**РЛС** – радиолокационная станция

**АФАР** – активная фазированная антенная решетка

**IP** – Intellectual property

**JTAG** – Joint Test Action Group

### **ОБЪЕКТ И МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ**

Объектом исследования является оптимальная реализация доплеровского фильтра с заранее посчитанными коэффициентами на DSP Elcore30M.

Методом исследования является написание и тестирование исходного кода алгоритма на языке ассемблера в среде разработки и отладки программ MCStudio 3M с использованием в качестве тестового стенда отладочного модуля NVCom-02TEM-3U.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	13
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	14
1. Выбор технологий для решения задачи ЦОС .....	15
1.1. Постановка задачи .....	15
1.2. Обзор отечественной элементной базы для ЦОС.....	15
1.3. Цифровой сигнальный процессор 1892VM10Я.....	18
1.4. Архитектура DSP Elcore30M .....	23
1.5 Описание метода доплеровской фильтрации сигналов .....	28
2. Описание разрабатываемого ПО .....	31
2.1. Описание алгоритма работы ПО .....	31
2.2. Проектирование алгоритма работы ПО.....	32
2.3. Реализация алгоритма работы ПО.....	39
3. Тестирование разрабатываемого ПО .....	46
2.1. Методика тестирования.....	46
2.2. Результаты тестирования .....	47
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	48
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	48
4.1.1. Анализ конкурентных технических решений.....	48
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений.....	48
4.1.3. Технология QuaD .....	50
4.1.4. SWOT-анализ.....	50

4.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	54
4.3. Планирование научно-исследовательских работ .....	56
4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	56
4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	57
4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	57
4.3.4. Бюджет научно-технического исследования .....	62
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	63
5. Социальная ответственность .....	66
5.1. Техногенная безопасность .....	67
5.2. Экологическая безопасность.....	76
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	81
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	82
Приложение А .....	84

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в связи со сложной геополитической обстановкой в мире, стоит задача импортозамещения. Особое внимание вопросу импортозамещения уделяется в оборонной промышленности из-за возможности модификации поставляемых микросхем на стороне потенциального противника.

В оборонной промышленности важную роль играет радиолокация и, как следствие, цифровая обработка радиолокационных сигналов. Обычно для целей цифровой обработки используют либо пЛИС, либо ЦСП и, в редких случаях, ASIC. На данный момент отечественными компаниями представлены как ПЛИС, так и ЦСП для импортозамещения, однако имеются отрицательные отзывы от инженеров, работавших с российскими ПЛИС. В связи с этим лучшим вариантом для целей ЦОС на отечественной элементной базе являются ЦСП.

Целью работы является реализация цифрового доплеровского фильтра на российском DSP ELcore30M.

Задачи:

1. Изучение документации ЦСП, среду разработки и отладочный модуль, на которых будет вестись разработка и тестирование;
2. Реализация алгоритма цифрового доплеровского фильтра в ассемблерном коде для DSP ELcore30M;
3. Тестирование и оптимизация разработанного алгоритма на отладочном модуле.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Источники [2] [3] и [4] предоставляют обзор существующей продукции отечественных разработчиков электроники и помогли сформировать видение ситуации в промышленности.

В источниках [1] [5] [8] и [9] приводятся характеристики и принципы работы устройств, для выполнения на которых предназначено разрабатываемое ПО.

Общее понимание теории обработки цифровых сигналов возникло, опираясь на источники [10] [11] и [12]. Особенности фильтрации при получении сигналов от движущихся целей и некоторые математические выкладки получены на основании источников [6] и [7]

## **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1. Анализ конкурентных технических решений**

При создании продукта необходимо определить потенциального потребителя данной продукции. Ввиду того, что разработка является чисто практической и для того, чтобы ей воспользоваться, необходимы дополнительные знания и умения в области электроники, цифровой схемотехники и программирования, первичными потребителями продукции являются коммерческие организации, производящие аппаратное обеспечение в сферах, связанных с системами цифровой связи.

Таким образом, главным критерием сегментирования является специализация потенциального потребителя.

#### **4.1.2. Анализ конкурентных технических решений**

В качестве основных конкурентных технических решений были выбраны следующие разработки:

- цифровой фильтр с использованием отечественного ЦСП (данная работа) (1),
- цифровой фильтр с использованием импортного ЦСП (2),
- цифровой фильтр с использованием ПЛИС (3).

Результаты конкурентного анализа приведены в табл. 4.1:

**Табл. 4.1.** Оценочная карта

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	Б <sub>3</sub>	К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>	К <sub>3</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Скорость работы	0,2	5	5	5	1	1	1
2. Универсальность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
3. Удобство в эксплуатации	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
4. Потребность в ресурсах памяти	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
5. Функциональная мощность	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
6. Независимость от стран импортеров	0,2	5	3	3	1	0,6	0,6
7. Доступность	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
8. Послепродажное обслуживание	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
9. Цена	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
<b>Итого:</b>		37	37	36	4,65	4,3	4,3

- Под «универсальностью» подразумевается возможность взаимодействия с разными компонентами и взаимозаменяемость.
- Критерий «функциональная мощность» отражает наличие, либо отсутствие дополнительных возможностей.
- Под «доступностью» понимается то, насколько открытой является разработка.
- Критерий «независимость от стран импортеров» обратно пропорционально показывает вероятность ограничения поставок со стороны стран-поставщиков электроники.



### 4.1.3. Технология QuaD

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений приведена в табл. 4.2:

**Табл. 4.2.** Оценочная карта

Критерии оценки	Вес	Баллы	Макс. балл	Отн. знач.	Ср.-взвеш. знач.
Показатели оценки качества разработки					
1. Скорость работы	0,2	100	100	1	0,2
2. Универсальность	0,1	100	100	1	0,1
3. Простота эксплуатации	0,1	80	100	1	0,08
4. Потребность в ресурсах памяти	0,1	80	100	0,8	0,08
5. Функциональная мощность	0,1	80	100	0,8	0,08
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
6. Независимость от стран импортеров	0,2	100	100	0,2	0,2
7. Доступность	0,05	80	100	0,8	0,04
8. Законченность работы	0,05	100	100	1	0,05
9. Цена	0,1	100	100	1	0,1
Итого:					0,93

Можно заметить, что интегральный показатель конкурентоспособности данной разработки составляет 0,93, что является достаточно благоприятным для продолжения разработки.

### 4.1.4. SWOT-анализ

Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз. Результаты первого этапа представлены в табл. 4.3:

**Табл. 4.3.** Результаты первого этапа SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Использование только отечественной элементной базы</li> <li>2. Использование функционального подхода при проектировании</li> <li>3. Универсальность использованного алгоритма</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сложность в эксплуатации по сравнению с конкурентами</li> <li>2. Привязанность к конкретному производителю ЦСП</li> <li>3. Зависимость от внутренних проектов</li> </ol>
<p><b>Возможности</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Появление дополнительного спроса на отечественный продукт</li> <li>2. Повышение стоимости разработок на импортной электронике</li> <li>3. Ориентация на импортозамещение в оборонной промышленности</li> </ol>	<p><b>В1В2В3С1:</b></p> <p>Необходимо ориентироваться на отечественный рынок и активно искать контакты в оборонной промышленности</p>	<p><b>В1В3С1:</b></p> <p>Благодаря необходимости производителей использовать отечественные разработки, сложность эксплуатации является второстепенной проблемой.</p> <p><b>В2С3</b></p> <p>Можно продавать решение другим фирмам, тем самым снизив зависимость от внутренних проектов</p>

Продолжение табл. 4.7.

	<p><b>Сильные стороны</b></p> <p>1. Использование только отечественной элементной базы</p> <p>2. Использование функционального подхода при проектировании</p> <p>3. Универсальность использованного алгоритма</p>	<p><b>Слабые стороны</b></p> <p>1. Сложность в эксплуатации по сравнению с конкурентами</p> <p>2. Привязанность к конкретному производителю ЦСП</p> <p>3. Зависимость от внутренних проектов</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p>1. Изменение геополитической обстановки</p> <p>2. Разработка новых DSP кластеров</p> <p>3. Появление конкурентных разработок.</p>	<p><b>У1У2С2С3</b></p> <p>В случае необходимости перехода на другой DSP кластер алгоритм можно будет перенести без больших изменений</p>	<p><b>У1С1С2:</b></p> <p>Необходимо наладить контакты с другими разработчиками DSP и заранее реализовать ПО для их продукции. Также следует найти надежных клиентов, которые смогут заключить долгосрочные договоры.</p> <p><b>У3С1:</b></p> <p>Необходимо упрощать способы эксплуатации изделия, чтобы получить преимущество</p>

Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 4.4а и 4.4б:

**Табл. 4.4а.** Интерактивная матрица проекта (сильные стороны)

	Сил1	Сил2	Сил3
В1	+	-	-
В2	+	-	-
В3	+	-	-

**Табл. 4.4б.** Интерактивная матрица проекта (слабые стороны)

	Сил1	Сил2	Сил3
У1	-	-	-
У2	-	+	+
У3	-	+	+

**Табл. 4.4в.** Интерактивная матрица проекта (сильные стороны)

	Слаб1	Слаб2	Слаб3
В1	+	-	-
В2	-	-	+
В3	+	-	-

**Табл. 4.4г.** Интерактивная матрица проекта (слабые стороны)

	Слаб1	Слаб2	Слаб3
У1	+	+	-
У2	-	-	-
У3	+	-	-

Таким образом, можно сделать вывод, что проект необходимо развивать, применяя наиболее новые и оптимизированные алгоритмы, что позволит создать наиболее конкурентоспособную разработку. Также необходимо нацелить проект на нужды оборонной промышленности, в которой вопрос импортозамещения стоит острее, чем в других отраслях.

#### **4.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований**

В качестве морфологических характеристик в данной работе можно выделить методологию проектирования и язык программирования. Морфологическая матрица приведена в таб. 4.5:

**Табл. 4.5.** Морфологическая матрица

Альтернативы	1	2	3
А. Методология проектирования	Функциональное проектирование	Последовательное проектирование	-
Б. Язык программирования	Си	Ассемблер	

В качестве методологии проектирования было выбрано функциональное проектирование (А1), так как данный подход обладает рядом преимуществ:

- позволяет создать программный код, понятный для сторонних разработчиков;
- гибкость при дальнейшей разработке достигается за счет того, что структура проекта разделена таким образом, чтобы каждая отдельная часть могла выполнять свою функцию независимо от других частей на таком же уровне абстракции;

При выборе языка программирования имеет значение производительность, переносимость и выразительность средств языка программирования. Язык Си более выразителен и переносим, нежели ассемблер, хоть и менее производителен, поэтому он был выбран в качестве языка разработки управляющего ПО для RISC ядра. Язык ассемблер, несмотря на сложность в восприятии, позволяет максимально эффективно использовать

особенности выбранного ЦСП. Таким образом для части проекта выбор сделан в сторону языка Си (Б1), а для другой в сторону ассемблера (Б2).

В случае с тактированием был остановлен выбор на отдельном тактировании входного и выходного модулей (В3) ввиду того, что этого требует реализация поставленной задачи: входные команды на модуль AXI\_SLAVE должны приходить с частотой 250МГц, в то время как на SPI\_MASTER команды приходят уже с частотой 25МГц. При других способах тактирования не будет осуществляться необходимая производительность устройства.

### 4.3. Планирование научно-исследовательских работ

#### 4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования представлен в табл. 4.6:

**Табл. 4.6.** Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Р
Аналитический обзор	2	Календарное планирование работ по теме	Р,И
	3	Подбор и изучение материалов по теме	И
	4	Изучение уже существующих решений в данной области	Р,И
	5	Выбор компонентов для реализации устройства	Р,И
Проектирование ПО для ЦСП	6	Составление схемы алгоритма доплеровской фильтрации сигналов на ЦСП	И
	7	Изучение технической документации на используемый ЦСП	И
	8	Проектирование алгоритма доплеровской фильтрации для данного ЦСП с учетом его особенностей	И
Реализация ПО для ЦСП	9	Изучение и настройка выбранной среды разработки	И
	10	Выбор языка программирования	И
	11	Устранение всех ошибок в программе и компиляция программы	И
Тестирование ПО	12	Разработка методики тестирования устройства	И
	13	Тестирование программы на отладочном модуле	И

Обобщение и оценка результатов	14	Оценка эффективности полученных результатов	Р,И
Обобщение и оценка результатов	15	Оценка целесообразности проведения дальнейших исследований по данной теме	Р,И

Р – Научный руководитель; И – Инженер-программист.

#### 4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Оценим трудоемкость выполнения вышеозначенных работ. Для этого оценим минимальное и максимальное время выполнения каждой работы (таб. 4.8, приведена в разделе 4.6.3). Также произведем расчет ожидаемого значения трудоемкости по следующей формуле:

$$t_{ож,i} = \frac{(3t_{min,i} + 2t_{max,i})}{5}$$

Следует заметить, что исполнитель «Инженер-программист» задействован в каждой из перечисленных работ, а потому невозможно ускорение за счет параллельности их выполнения.

#### 4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

В таб. 4.7 приведены временные показатели научного исследования.

На основе таб. 4.7 строится календарный план-график научного исследовательского проекта. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и неделям за период дипломирования. Для удобной визуализации разработка календарного плана графика производится в программе Microsoft Project 2013 в виде диаграммы Ганта (рис. 8).

Коэффициент календарности рассчитывается как отношение дней в году на количество рабочих дней и для 3-4 кварталов 2016 года и 1-2 кварталов 2017 года составил  $365/299 = 1.22$



**Табл. 4.7.** Временные показатели научного исследования

№	Содержание работ	Мин. время выполнения (дн.)			Макс. время выполнения (дн.)			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях			Длительность работ в календарных днях		
		И1	И2	И3	И1	И2	И3		И1	И2	И3	И1	И2	И3
1	Составление и утверждение технического задания	4	4	4	5	5	5	Р	5	5	5	6	6	6
2	Подбор и изучение материалов по теме	8	8	8	16	16	16	Р, И	12	12	12	15	15	15
3	Изучение уже существующих решений в данной области	8	8	8	11	11	11	И	10	10	10	12	12	12
4	Выбор компонентов для реализации устройства	5	5	5	11	11	11	Р, И	8	8	8	10	10	10
5	Календарное планирование работ по теме	2	2	2	5	5	5	Р, И	4	4	4	5	5	5
6	Составление схемы алгоритма фильтрации сигналов на ЦСП	8	12	12	20	24	24	И	14	18	18	17	22	22
7	Изучение технической документации на используемый ЦСП	5	6	4	9	11	8	И	7	9	6	8	11	7

Продолжение табл. 4.7.

8	Проектирование алгоритма доплеровской фильтрации для данного ЦСП с учетом его особенностей	3	5	4	8	10	9	И	6	8	7	7	10	8
9	Изучение и настройка выбранной среды разработки	10	10	10	9	9	9	И	7	7	7	8	8	8
10	Выбор языка программирования	1	1	1	1	1	1	И	1	1	1	1	1	1
11	Устранение всех ошибок в программе и компиляция программы	10	4	5	15	6	10	И	13	5	8	16	6	9
12	Разработка методики тестирования устройства	1	1	1	2	2	2	И	2	2	2	2	2	2
13	Тестирование программы на отладочном модуле	4	4	4	6	6	6	И	5	5	5	6	6	6
14	Оценка эффективности полученных результатов	1	1	1	2	2	2	Р, И	2	2	2	2	2	2

Продолжение табл. 4.7.

15	Оценка целесообразности проведения дальнейших исследований по данной теме	1	1	1	2	2	2	Р, И	2	2	2	2	2	2
		Итого:										117	118	115

Р – Научный руководитель; И – Инженер - программист.



Рисунок 8 – Календарный план для выполнения научно-исследовательского проекта

#### 4.3.4. Бюджет научно-технического исследования

Расчет бюджета НТИ сводится к расчету материальных затрат, затрат на з/п руководителя и затрат на з/п инженера. При этом материальные затраты состоят только из расходных материалов и амортизации оборудования. Обе эти статьи будут учтены при расчете накладных расходов.

Основная заработная плата руководителя от ТПУ составляет 14 584 рубля. Оклад дипломника составляет 5 707 руб. Учтем, что руководство дипломированием составляет лишь некоторую часть нагрузки руководителя. Для этого рассчитаем среднедневную заработную плату руководителя:

$$Z_{\text{срдн.}} = \frac{33800}{20} = 1690 \text{ руб.}$$

Исходя из объема нагрузки в размере двух консультаций в неделю, каждая по два астрономических часа, получаем 16 астрономических часов в месяц. Учитывая 6-ичасовой рабочий день с учетом 6-ти дневной рабочей недели, затраты на з/п руководителя составляют два среднедневных оклада в месяц, или 3380 рублей.

Районный коэффициент составляет 1,3, итого:

$$Z_{\text{осн}} = 3380 * 1,3 + 5\,707 * 1,3 = 11813 \text{ руб.}$$

Тогда дополнительная заработная плата рассчитывается как:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 0,15 * 11813 = 1772 \text{ руб.}$$

Величину отчислений во внебюджетные фонды определяется как:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,271 * (11813 + 1772) = 3682 \text{ руб.}$$

Научных и производственных командировок в данном исследовании не производилось. Контрагентные расходы отсутствуют.

Накладные расходы рассчитаем как:

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{внеб}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{осн}}) * k_{\text{нр}} = (3682 + 1772 + 11813) * 0,16$$

$$= 2763 \text{ руб.}$$

Бюджет затрат приведен в таб. 4.9:

**Табл. 4.9.** Бюджет затрат по каждому исполнению НТИ

Наименование статьи	Сумма руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Затраты по основной з/п	52096	69 570	68829
2. Затраты по доп. з/п	7814	10 435	10324
3. Отчисления во внебюджетные фонды	16235	21 740	21450
4. Прочие расходы	4000	4000	4000
5. Накладные расходы	8905	11749	11623
6. Бюджет затрат НТИ	89050	117494	116226

#### 4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{p,i}}{\Phi_{\text{max}}}$$

Используя данные таблицы 10 получаем:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = 0,748$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = 0,988$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности можно определить следующим образом:

$$I_{p,i} = \sum a_i b_i$$

где  $I_{p,i}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта разработки,

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта разработки,

$b_i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливаемая экспертным путем по выбранной шкале оценивания,

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности приведен в таб. 4.10:

**Табл. 4.10.** Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности

Критерии	Весовой коэф.	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Скорость работы	0,3	2	4	5
Универсальность	0,25	5	5	5
Простота эксплуатации	0,1	3	5	5
Потребность в ресурсах памяти	0,1	3	3	4
Функциональная мощность	0,15	4	4	5
Итого:	1	3,25	4,25	4,9

Сравнительная эффективность разработок приведена в табл. 4.11:

**Табл. 4.11.** Сравнительная эффективность разработок

Показатели	Исп1	Исп2	Исп3
Интегральный финансовый показатель разработки $I_{финр}$	0,748	1	0,988
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки $I_p$	3,25	4,25	4,9
Интегральный показатель эффективности $I$	4,3449	4,25	4,959

Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,02233	1	1,1668
---	---------	---	--------

Исходя из проведенного анализа, можно отметить, что Исполнение №3 является несколько более предпочтительным, нежели Исполнение №1 и №2. Несмотря на высокую стоимость, исполнение №3 имеет наибольший показатель ресурсоэффективности. Таким образом, Исполнение №3, реализованное в данной работе, является несколько более дорогим, но и более качественным вариантом реализации проекта.