

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники**

**Кафедра радиотехнических систем**

А.А. Савин, Е.П. Ворошилин

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ  
СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ**

Методические указания по выполнению курсовой работы  
для студентов радиотехнического факультета

2012

А.А. Савин, Е.П. Ворошилин Проектирование цифровых сигнальных процессоров. Методические указания по выполнению курсовой работы для студентов радиотехнического факультета. – Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 23 с.

Приводятся указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Проектирование цифровых сигнальных процессоров» для студентов радиотехнического факультета.

Рекомендовано к изданию кафедрой радиотехнических систем Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники

© А.А. Савин, Е.П. Ворошилин  
© Томский гос. ун-т систем управления  
и радиоэлектроники, 2012

## Содержание

1 Цель и задачи курсовой работы.....	4
2 Тематика курсовых работ.....	6
3 Содержание курсовой работы.....	7
4 Требования к оформлению.....	15
Список литературы.....	22
Приложение. Пример оформления титульного листа.....	23

## 1 Цель и задачи курсовой работы

Цель курсовой работы по дисциплине «Проектирование цифровых сигнальных процессоров» состоит в развитии и закреплении навыков решения конкретных технических задач с использованием цифровых сигнальных процессоров фирмы Analog Devices.

В рамках курсовой работы особое внимание будет уделяться наиболее распространенным задачам ЦОС (прямое и обратное преобразования Фурье (БПФ), цифровая фильтрация (КИХ, БИХ), корреляционная обработка и работа на нескольких скоростях).

Для наилучшего понимания принципов работы сигнальных процессоров, реализация алгоритмов будет осуществляться на языке низкого уровня (ассемблере). Описание языка программирования на русском языке можно найти по адресу [www.analog.com](http://www.analog.com). В кратком виде в методическом пособии [1].

В процессе выполнения работы студентом должны быть решены следующие задачи:

- получение навыков программирования важнейших алгоритмов ЦОС;
- оптимизация кода программы с целью получения наилучшего быстродействия, за счет использования параллельных операций;
- развитие системного и алгоритмического мышления;
- использование знаний, полученных при изучении теоретических основ ЦОС, на практике.
- закрепление представлений обо всех этапах решения задач с использованием современных процессоров ЦОС;
- самостоятельное освоение современных версий пакета Analog Devices Visual DSP 3.5;

- развитие навыков эффективной разработки программного обеспечения для решения технических задач;
- получение навыков разработки программной документации;
- усвоение комплекса организационных мер и приемов при выполнении работ большого объема;
- развитие навыков самостоятельного поиска и использования справочной литературы (включая источники в интернет);
- ознакомление с процедурой защиты курсовой работы перед преподавателем (комиссией);
- приобретение навыков использования современных информационных технологий для подготовки презентаций;
- приобретение навыков публичных выступлений перед аудиторией.

Курсовая работа выполняется по индивидуальным заданиям. Общее руководство осуществляет преподаватель. За принятые в работе решения, правильность функционирования программ, качество подготовки текстовых документов, а также за своевременность подготовки и защиты курсовой работы в целом отвечает студент. В процессе выполнения работы студент должен правильно организовать свой труд, регулярно работать над заданием, проявлять максимум инициативы и самостоятельности для решения поставленных задач. Структура методического пособия основана на [2].

## 2 Тематика курсовых работ

Тематика работ включает в себя следующие темы:

- алгоритм прямого быстрого преобразования Фурье;
- алгоритм обратного быстрого преобразования Фурье;
- алгоритм прямого Вейвлет преобразования;
- алгоритм обратного Вейвлет преобразования;
- реализация метода наименьших квадратов в задаче определения импульсной характеристики;
- корреляционная обработка сигналов во временной и спектральной областях;
- реализация КИХ и БИХ фильтров;
- обработка сигналов на нескольких скоростях;
- увеличение частоты дискретизации (интерполяция);
- уменьшение частоты дискретизации (децимация);
- преобразование частоты дискретизации для согласования устройств;
- алгоритмы цифровой фильтрации в реальном масштабе времени;
- использование преимуществ передискретизации в задаче повышения отношения сигнал/шум;
- алгоритм объединения сигналов многоканальной системы;
- расширение динамического диапазона системы при параллельном включении АЦП фиксированной разрядности за счет дополнительной обработки в процессоре;

Наличие большого числа тем способствует учету индивидуальных особенностей студентов и стимулирует их интерес к выполняемой работе. Возможна формулировка тем студентами самостоятельно при обязательном согласовании с преподавателем.

## **3 Содержание курсовой работы**

### **3.1 Общие сведения**

В результате выполнения курсовой работы студент должен получить представление обо всех этапах решения задач с использованием современных цифровых сигнальных процессоров, и самостоятельно реализовать одну из них.

В процессе выполнения курсовой работы студент выполняет:

- анализ технического задания;
- постановка задачи;
- сравнительный анализ математических методов решения задачи;
- выбор и обоснования метода решения задачи;
- разработка алгоритма решения задачи;
- разработка программы решения задачи;
- верификация программы;
- разработка программной документации;
- подготовка компьютерной презентации курсовой работы;
- защита работы перед комиссией.

Следует сходить в библиотеку и познакомиться с источниками разработки и государственными стандартами по оформлению программного обеспечения. Рекомендуется ознакомиться с дополнительной литературой.

### **3.2 Структура курсовой работы**

Объем текстового документа подготавливаемого студентом в процессе выполнения курсовой работы составляет приблизительно 20-30

страниц машинописного текста формата А4. В текстовый документ последовательно включаются следующие части:

- титульный лист;
- реферат;
- задание;
- список условных сокращений и обозначений (при необходимости);
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- литература;
- приложения.

### **3.3 Титульный лист**

Титульный лист выполняется студентом аналогично примеру оформления, приведенному в Приложении А.

### **3.4 Реферат**

Реферат выполняется в соответствии с ГОСТ 7.9-95 и размещается на отдельной странице.

Реферат должен содержать:

- сведения о количестве страниц, иллюстраций, таблиц, использованных источников, приложений, листов графического материала;
- ключевые слова,
- текст реферата.

Текст реферата должен отражать:



- объект разработки или исследования;
- цель работы;
- назначение работы и область применения;
- метод исследования и программно-аппаратное обеспечение для разработки;
- полученные результаты и их новизну;
- основные технико-эксплуатационные характеристики алгоритма и программы;
- степень внедрения (по возможности);
- рекомендации по внедрению;
- предположения и рекомендации о развитии объекта разработки;
- дополнительные сведения.

Если курсовая работа не содержит сведений о какой-либо из перечисленных выше частей реферата, то она опускается. При этом последовательность изложения сохраняется.

### **3.5 Содержание**

Содержание содержит рубрикацию и наименование разделов отчета и должно отражать все материалы, представленной к защите работы.

### **3.6 Введение**

В разделе «Введение» указывается цель работы, ее назначение и область применения. Указывается значение работы для науки (техники) и, возможно, экономическая целесообразность разработки.

## **3.7 Основная часть**

### **3.7.1 Структура основной части**

В основной части отражается работа студента по выполнению индивидуального задания. Основная часть, как правило, содержит следующие разделы:

- анализ задания;
- постановка задачи;
- сравнительный анализ математических методов решения поставленной задачи;
- описание алгоритма программы;
- описание программы;
- верификация программы.

В соответствии с индивидуальным заданием некоторые разделы основной части могут быть объединены или опущены.

### **3.7.2 Анализ задания и постановка задачи**

В этом разделе рассматривается основание для разработки программы и ставится цель и задачи курсовой работы. Приводится описание и математическая модель решаемой задачи. Анализируются требования к функциональным характеристикам разрабатываемой программы. Выполняется анализ технических ограничений на разработку. Обосновывается выбор используемых аппаратных и программных средств. Выполняется анализ требований к аппаратной и программной совместимости разрабатываемого программного обеспечения.

Приводятся требования к конфигурации платы ЦОС:

- марка процессора;

- наличие и объем внешней памяти;
- разрядность, тактовая частота и количество АЦП;
- необходимость и параметры фильтров защиты от наложения спектров;
- характеристики источника сигнала;
- характеристики потребителя информации;
- оценка необходимости прямого доступа к памяти.

### **3.7.3 Сравнительный анализ методов решения задачи**

В разделе выполняется обзор математических методов решения поставленной задачи. Должен быть выполнен сравнительный анализ методов по предполагаемому быстродействию, точности, возможности оптимизации, трудоемкости разработки, требуемым вычислительным затратам. Раздел завершается выбором и обоснованием математического метода решения задачи.

### **3.7.4 Описание алгоритма**

В разделе «Описание алгоритма» приводится алгоритм решения поставленной задачи в соответствии с индивидуальным заданием. Алгоритм приводится с необходимыми пояснениями. Описание алгоритма должно иллюстрироваться перечнем используемых переменных и схемой алгоритма программы. Схема алгоритма выполняется строго по ГОСТ 19.701-90 ЕСПД. В случае разработки сложной программной системы, как правило, в соответствии с заданием необходимо разработать схему алгоритма не для всей программы, а только для её определенного блока.

### **3.7.5 Описание программы**

В разделе выполняется описание программной реализации алгоритма.

Раздел «Описание программы» должен содержать следующие сведения:

- наименование программы;
- назначение программы, классы решаемых задач;
- программное обеспечение, необходимое для функционирования программы;
- функциональное назначение, ограничения на применение;
- структура программы с описанием функций составных частей;
- связи программы с другими программами;
- описание входных и выходных данных (количество, тип, формат).

В раздел рекомендуется включать таблицу соответствия переменных алгоритма и программы.

В разделе обязательно должна присутствовать функциональная схема программы, содержащая все разработанные функции.

Рекомендуется описание программы иллюстрировать пояснительными примерами, таблицами, схемами и графиками.

### **3.7.6 Верификация разработанного программного обеспечения**

В разделе должна быть приведена методика тестирования разработанного программного обеспечения. Должны быть приведены тестирующие примеры. В каждом контрольном примере обязательно должно указываться, какую часть программы, функциональной схемы, модуля, функции данный пример тестирует. Приводятся входные данные и

выходные результаты, обеспечивающие тестирование. Рекомендуется все тестовые примеры объединить в таблицу.

Должно быть доказано, что разработанное программное обеспечение работает правильно (полностью соответствует техническому заданию).

### **3.7.7 Руководство программиста**

Раздел «Руководство программиста» содержит описание программы, ориентированное на человека осуществляющего доработку программы. Раздел должен быть написан таким образом, чтобы потребитель разработанного программного обеспечения мог использовать его без другой документации.

Раздел «Руководство программиста» должен содержать следующие сведения:

- назначения и условия применения программы;
- характеристики программы;
- обращение к программе;
- входные и выходные данные;
- сообщения.

Раздел «Руководство программиста» может быть вынесен в приложение.

### **3.8 Заключение**

Заключение должно содержать краткие выводы по наиболее важным результатам выполненной работы. Следует выполнить оценку полноты решения поставленных задач и дать рекомендации по дальнейшему использованию выполненной работы.

### **3.9 Литература**

В разделе «Литература» включаются все источники, использованные студентом в процессе выполнения работы (книги, журналы, статьи, конспекты лекций, источники в интернет и др.). В тексте обязательны ссылки на все использованные источники (примеры библиографического описания источников см. в разделе «Литература» настоящих методических указаний).

### **3.10 Приложения**

Приложения рекомендуется выносить материалы иллюстративного и вспомогательного характера, кроме того приложения к курсовой работе по информатике могут содержать следующие материалы:

- схемы алгоритмов;
- листинги программ;
- термины и определения;
- протоколы испытаний программы.

## **4 Требования к оформлению**

### **4.1 Общие требования**

4.1.1 При оформлении курсовой работы следует пользоваться стандартом вуза ОС ТУСУР 6.1-97 [2].

4.1.2 Текстовые документы (ТД) должны быть выполнены на белой бумаге формата А4 по ГОСТ 2.301 (210x297 мм) с одной стороны листа с применением печатающих или графических устройств вывода ЭВМ: межстрочный интервал одинарный или полуторный, высота букв и цифр не менее 1,8 мм, цвет – черный. Рекомендуется использовать следующие шрифты: Times New Roman Cyr 13, Times New Roman 12, Arial 12.

4.1.3 Иллюстрации, таблицы и распечатки с ЭВМ допускается выполнять на листах формата А3 ГОСТ 2.301, при этом они должны быть сложены на формат А4 "гармоникой" по ГОСТ 2.501.

4.1.4 Текст следует выполнять, соблюдая размеры полей: левое – не менее 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее – не менее 15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

4.1.5 Абзацы в тексте начинают отступом, равным 10-15 мм.

4.1.6 Опечатки, описки, графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения ТД, допускается исправлять аккуратным заклеиванием или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте и тем же способом исправленного текста. Повреждение листов ТД, помарки и следы не полностью удалённого текста не допускаются.

4.1.7 ТД должен быть сшит (переплетен) и иметь обложку.

## **4.2 Требования к тексту**

4.2.1 В ТД должны применяться термины, обозначения и определения, установленные стандартами по соответствующему направлению науки, техники и технологии, а при их отсутствии – общепринятые в научно-технической литературе.

4.2.2 В ТД не допускается:

- применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- применять произвольные словообразования;
- применять индексы стандартов (ГОСТ, ГОСТ Р, ОСТ и т.п.), технических условий (ТУ) и других документов без регистрационного номера;
- использовать в тексте математические знаки и знак  $\varnothing$  (диаметр), а также знаки № (номер) и % (процент) без числовых значений.

## **4.3 Деление текста**

4.3.1 Текст разделяют на разделы, подразделы, пункты. Пункты, при необходимости, могут быть разделены на подпункты.

4.3.2 Каждый раздел ТД рекомендуется начинать с новой страницы.

4.3.3 Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего ТД, обозначенные арабскими цифрами и записанные с абзацного отступа. Подразделы и пункты должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела или подраздела, подпункты – в пределах пункта. Отдельные разделы могут не иметь подразделов и состоять непосредственно из пунктов.



4.3.4 Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, этот пункт также нумеруется.

4.3.5 Точка в конце номеров разделов, подразделов, пунктов, подпунктов не ставится.

#### **4.4 Заголовки**

4.4.1 Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют.

4.4.2 Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

4.4.3 Заголовки следует выполнять с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. В начале заголовка помещают номер соответствующего раздела, подраздела, пункта.

4.4.4 Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

4.4.5 Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно удвоенному межстрочному расстоянию; между заголовками раздела и подраздела – одному межстрочному расстоянию

#### **4.5 Таблицы**

4.5.1 Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей.

4.5.2 Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф

диагональными линиями не допускается. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

4.5.3 Все таблицы нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами.

4.5.4 Над левым верхним углом таблицы помещают надпись: «Таблица» с указанием номера таблицы, например: «Таблица 2.1» (первая таблица второго раздела), «Таблица В.5» (пятая таблица приложения В).

4.5.5 Таблица может иметь название. Название таблицы должно отражать содержание, быть точным, кратким. Если таблица имеет название, то его помещают после номера таблицы через тире, с прописной буквы.

4.5.6 На все таблицы должны быть ссылки в тексте.

4.5.7 Таблицу следует располагать в ТД непосредственно после абзаца, где она упоминается впервые, или на следующем листе (странице).

## **4.6 Иллюстрации**

4.6.1 Иллюстрации помещаются в ТД для пояснения текста и должны быть выполнены в соответствии с требованиями государственных стандартов.

4.6.2 Иллюстрации, на которых изображаются графики (диаграммы), должны быть выполнены в соответствии с Р 50-77-88 Рекомендации. ЕСКД.

4.6.3 Иллюстрации следует выполнять на бумаге или пленке того же формата, что и текст, с соблюдением тех же полей, что и для текста. Допускается наклеивание отдельно выполненных изображений на форматный лист. Цвет изображений, как правило, черный на белом фоне.

4.6.4 В тексте все иллюстрации (фотографии, схемы, чертежи и пр.) именуется рисунками.

4.6.5 Рисунки нумеруются в пределах раздела (приложения) арабскими цифрами, например: «Рисунок 3.2» (второй рисунок третьего раздела); «Рисунок А.2» (второй рисунок приложения А).

4.6.6 Рисунок может иметь тематическое наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст).

4.6.7 Слово «рисунок», его номер и тематическое наименование (при наличии) помещают ниже изображения и пояснительных данных симметрично иллюстрации.

## **4.7 Формулы**

4.7.1 Формулы следует выделять из текста в отдельную строку.

4.7.2 Значения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Значение каждого символа дают с новой строки в той последовательности, в какой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова "где" без двоеточия после него.

## **4.8 Ссылки**

4.8.1 В ТД приводят ссылки:

- на данную работу;
- на использованные источники.

4.8.2 При ссылках на данную работу указывают номера структурных частей текста, формул, таблиц, рисунков, обозначения чертежей и схем, а при необходимости – также графы и строки таблиц и позиции составных частей изделия на рисунке, чертеже или схеме.

4.8.3 При ссылках на структурные части текста указывают номера разделов (со словом «раздел»), приложений (со словом «приложение»), подразделов, пунктов, подпунктов, перечислений, например: «...в соответствии с разделом 2»; «... согласно 3.1»; «... по 3.1.1»; «... в соответствии с 4.2.2, перечисление б»; приложение Л; «... как указано в приложении М».

4.8.4 Ссылки в тексте на номер формулы дают в скобках, например: «...согласно формуле (В.1)»; «...как следует из выражения (2.5)».

4.8.5 Ссылки в тексте на таблицы и иллюстрации оформляют по типу: «таблица 4.3»; «... в таблице 1.1, графа 4»; (рисунок 2.11); «... в соответствии с рисунком 1.2»; «... как показано на рисунке Г.7, поз. 12 и 13».

4.8.6 При ссылке в тексте на использованные источники следует приводить порядковые номера по списку использованных источников, заключенные в квадратные скобки, например: «... как указано в монографии [10]»; «... в работах [11, 12, 15-17]».

4.8.7 При необходимости в дополнение к номеру источника указывают номер его раздела, подраздела, страницы, иллюстрации, таблицы, например: [12, раздел 2]; [18, подраздел 1.3, приложение А]; [19, с.25, таблица 8.3].

## **4.9 Сокращения**

4.9.1 При многократном упоминании устойчивых словосочетаний в тексте следует использовать аббревиатуры или сокращения.

4.9.2 При первом упоминании должно быть приведено полное название с указанием в скобках сокращенного названия или аббревиатуры.

При последующих упоминаниях следует употреблять сокращенное название или аббревиатуру.

4.9.3 Расшифровку аббревиатур и сокращений, установленных государственными стандартами (ГОСТ 2.316, ГОСТ 7.12) и правилами русской орфографии, допускается не приводить, например: ЭВМ, НИИ, АСУ, с. (страница), т.е. (то есть), вуз (высшее учебное заведение) и др.

## Список литературы

1. А.А. Савин, Е.П. Ворошилин. Программирование цифровых сигнальных процессоров семейства SHARC с использованием среды разработки «Analog Devices visual DSP 3.5». Руководство к курсу лабораторных работ по дисциплине «Проектирование цифровых сигнальных процессоров» для студентов радиотехнического факультета. – Томск.: Том. Гос. Ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 154с.
2. А.А. Чернышев ОС ТУСУР 6.1-97 «Работы студенческие учебные и выпускные квалификационные. Общие требования и правила оформления». Томск, 2002.

Приложение А (справочное). Пример оформления титульного листа

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники**

**Кафедра радиотехнических систем**

**АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ**

Курсовая работа по дисциплине  
«Проектирование цифровых сигнальных процессоров»

Студент гр. 123-4

\_\_\_\_\_ И.И. Иванов

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель

доц. каф. РТС, к.т.н.

\_\_\_\_\_ А.А. Савин

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

2012