

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФРТЭ _____ В.А. Небольсин

«31» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Проектирование ИС на системном и алгоритмическом уровнях»

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

Профиль Инженерные нанотехнологии в приборостроении

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы _____ /Строгонов А.В./

Заведующий кафедрой
Полупроводниковой электроники
и наноэлектроники _____ /Рембеза С.И./

Руководитель ОПОП _____ /Липатов Г.И./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование у обучающихся знаний о программном обеспечении автоматизированного проектирования ИС на системном и алгоритмическом уровнях.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Получение навыков разработки формальных процедур решения задач автоматизированного проектирования ИС; научиться применять на практике символическое описание функциональных блоков и проводить моделирование на поведенческом уровне; определять параметры, характеризующие работу схем, по полученным зависимостям в графическом визуализаторе.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Проектирование ИС на системном и алгоритмическом уровнях» направлен на формирование следующих компетенций:

ПКВ-1 — Способен владеть современными методами моделирования и проектирования приборов и устройств микро- и наноэлектроники, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования

ПКВ-5 — Способен осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПКВ-1	Знает основные архитектуры современных БИС, ПЛИС и БИС типа СнК; стили проектирования БИС типа СнК;
	Умеет строить имитационные модели в системе Matlab/Simulink для задач цифровой обработки сигналов; строить функциональные модели сложно-функциональных цифровых устройств по коду языка VHDL в САПР ПЛИС Quartus II;
	Владеет навыками работы с программными инструментами системного уровня проектирования;
ПКВ-5	Знает состав и назначение сложно-функциональных блоков для СнК-проектирования, маршрут проектирования, основы высокоуровневых языков описания аппаратных средств для описания цифровых и аналого-цифровых блоков;
	Умеет разрабатывать архитектуры цифровых БИС и ПЛИС типа СнК с

	использованием программных средств системного уровня проектирования.
	Владеет навыками работы с системой визуально-имитационного моделирования Matlab/Simulink, САПР ПЛИС Quartus II, САПР БИС Tanner.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Цифровая обработка сигналов» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	50	50
В том числе:		
лекции	36	36
лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Виды промежуточной аттестации — зачет	+	+
Общая трудоемкость		
академические часы	108	108
з.е.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекции	Прак. зан.	Лаб. зан.	СР С	Всего, час
1	Программные инструменты для Verilog-синтеза в базис ПЛИС/БИС	Программные инструменты с открытым кодом Yosys/ABC для Verilog-синтеза и оптимизации. Средства Verilog-синтеза в промышленных САПР. Синтезаторы QIS и XST САПР Quartus II и Xilinx ISE.	4	—	4	6	14
2	Маршрут проектирования заказных БИС и систем на кристалле. Высокоуровневые языки SystemC/C++ в проектировании БИС на системном уровне	Основные этапы проектирования БИС и систем на кристалле. Системное проектирование и верификация. Архитектура программного обеспечения. Сложно-функциональные цифровые и аналоговые блоки. Архитектурное планирование кристалла. Языки SystemC/C++. Функциональное проектирование и верификация. Физическое проектирование и верификация.	4	—	4	6	14

3	Моделирование аналого-цифровых систем с использованием языка Verilog-A	Языки описания поведенческих моделей аналого-цифровых блоков: Verilog-A, Verilog-AMS, VHDL-AMS. Симуляторы SPICE, Spectre-Verilog и AMS Designer фирмы Cadence. Основы языка Verilog-A.	4	—	—	6	10
4	Сложно функциональные блоки БИС СнК	Аналого-цифровые сложно-функциональные блоки БИС СнК и ПЛИС. Цифровые сложно-функциональные блоки БИС СнК и ПЛИС.	4	—	—	6	10
5	Разработка имитационных моделей вычислительных устройств	Разработка имитационных моделей микропроцессорных ядер в системе Matlab/Simulink. Программирование в системе Matlab/Simulink. Создание M-функций основных функциональных узлов микропроцессорного ядра в системе Matlab/Simulink. Формат с фиксированной запятой. fi-объекты системы Matlab. Работа с отладчиком моделей Simulink Debugger.	4	—	—	6	10
6	Программные средства для разработки встраиваемых микропроцессорных систем	Характеристики микропроцессорных ядер PicoBlaze, MicroBlazer, PowerPC фирмы Xilinx для реализации в базисе ПЛИС. Архитектура, функциональные модули и набор инструкций микропроцессорного ядра Nios II фирмы Altera для реализации в базисе ПЛИС. Компоненты SOPC Builder. Интерфейс Avalon.	4	—	—	6	10
7	Модельно-ориентированное проектирование устройств ЦОС на ПЛИС в среде Xilinx System Generator	Разработка имитационных моделей цифровых устройств обработки сигналов на верхнем уровне с использованием стандартных блоков DSP System Toolbox системы Matlab/Simulink. Разработка имитационных моделей цифровых устройств обработки сигналов на верхнем уровне с использованием блоков среды Xilinx System Generator и системы Matlab/Simulink.	4	—	4	6	14
8	Модельно-ориентированное проектирование устройств ЦОС на ПЛИС в среде Altera DSP Builder	Разработка имитационных моделей цифровых устройств обработки сигналов на верхнем уровне с использованием блоков среды Altera DSP Builder и системы Matlab/Simulink. Разработка функциональных моделей цифровых устройств обработки сигналов с использованием среды Altera DSP Builder и САПР Quartus II.	4	—	6	6	16
9	Проектирование функциональных схем реконфигура-	Тестирование комбинационных и последовательностных схем. Метод сканирования пути. Использование цифровых автоматов в технологии периферийного	4	—	—	6	10

ции ПЛИС типа ППВМ в САПР Quartus II	сканирования БИС. Проектирование цифровых автоматов с использованием системы MATLAB/SIMULINK и САПР ПЛИС Quartus II. Работа с приложением StateFlow для визуально-графической разработки конечного автомата. Цифровой автомат в JTAG-интерфейсе.					
Итого		36	—	18	54	108

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Программные инструменты для Verilog-синтеза в базис ПЛИС/БИС.
2. Маршрут проектирования заказных БИС и систем на кристалле. Высокоуровневые языки System/C++ в проектировании БИС на системном уровне.
3. Модельно-ориентированное проектирование устройств ЦОС на ПЛИС в среде Xilinx System Generator.
4. Модельно-ориентированное проектирование устройств ЦОС на ПЛИС в среде Altera DSP Builder.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПКВ-1	Знает основные архитектуры современных БИС, ПЛИС и БИС типа СнК; стили проектирования БИС типа СнК	Защита лабораторной работы. Тест	Выполнение заданий в срок, предусмотренный в рабочей программе	Невыполнение заданий в срок, предусмотренный в рабочей программе
	Умеет строить имитационные модели в системе Matlab/Simulink для задач цифровой обработки сигналов; строить функциональные модели сложно-функциональных цифровых устройств по коду языка VHDL в САПР ПЛИС Quartus II			
	Владеет навыками работы с программными инструментами системного уровня проектирования			
ПКВ-5	Знает состав и назначение сложно-функциональных блоков для СнК-проектирования; маршрут проектирования; основы высокоуровневых язы-	Защита лабораторной работы. Тест	Выполнение заданий в срок, преду-	Невыполнение заданий в срок,

	ков описания аппаратных средств для описания цифровых и аналого-цифровых блоков		смотренный в рабочей программе	предусмотренный в рабочей программе
	Умеет разрабатывать архитектуры цифровых БИС и ПЛИС типа СнК с использованием программных средств системного уровня проектирования			
	Владеет навыками работы с системой визуально-имитационного моделирования Matlab/Simulink; САПР ПЛИС Quartus II; САПР БИС Tanner			

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПКВ-1	Знает основные архитектуры современных БИС, ПЛИС и БИС типа СнК; стили проектирования БИС типа СнК	Тест	Выполнение теста на 70-100 %	Выполнение менее 70 %
	Умеет строить имитационные модели в системе Matlab/Simulink для задач цифровой обработки сигналов; строить функциональные модели сложно-функциональных цифровых устройств по коду языка VHDL в САПР ПЛИС Quartus II	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеет навыками работы с программными инструментами системного уровня проектирования	Решение прикладных задач в проектировании БИС	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПКВ-5	Знает состав и назначение сложно-функциональных блоков для СнК-проектирования; маршрут проектирования; основы высокоуровневых языков описания аппаратных средств для описания цифровых и аналого-цифровых блоков	Тест	Выполнение теста на 70-100 %	Выполнение менее 70 %
	Умеет разрабатывать архитектуры цифровых БИС и ПЛИС типа СнК с использованием программных средств системного уровня проектирования	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеет навыками работы с системой визуально-имитационного моделирования Matlab/Simulink; САПР ПЛИС Quartus II; САПР БИС Tanner	Решение прикладных задач в проектировании БИС	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию в системе Matlab

1. Постройте графики частотных характеристик дискретного фильтра для вектора коэффициентов нерекурсивной части $b = [-2 \ -1 \ 7 \ 6]$ и вектора коэффици-

ентов рекурсивной части $a=[1]$ с помощью функции `freqz(b,a)`.

1	<code>b=[-2 -1 7 6]; a=[1]; freqz(b,a)</code>
2	<code>b=[-2 -1 7 6]; a=[1]; freq(b,a)</code>
3	<code>b=[-2 -1 7 6]; a=[1]; freqz(a,b)</code>

2. Сформируйте сигнал в виде радиоимпульса с треугольной огибающей с частотой дискретизации $F_s=1000$ Гц и несущей частотой $F_c=5$ Гц:

1	<code>Fs=1000; t=-1:1/Fs:1.5; Fc=5; A=(1-abs(t)).*(abs(t)<=1); s=A.*cos(2*pi*Fc*t);</code>
2	<code>Fs=1000; t=-1:1/Fs:1.5; Fc=25; A=(1+abs(t)).*(abs(t)<=1); s=A.*cos(2*pi*Fc*t);</code>
3	<code>Fs=1000; t=-1:1/Fs:1.5; Fc=5; A=(1+abs(t)).*(abs(t)<=1); s=A.*cos(2*pi*Fc*t);</code>

3. Пропустите сигнал в виде радиоимпульса с треугольной огибающей с частотой дискретизации $F_s=1000$ Гц и несущей частотой сигнала $F_c=5$ Гц через ФНЧ Баттерворта 5-го порядка с нормированной частотой среза равной несущей частоте сигнала:

1	<code>[b,a]=butter(5,Fc*2/Fs); s1=filter(b,a,s); plot(t,s) figure plot(t,s1)</code>
2	<code>[[b,a]=butter(5,Fc); s1=filter(b,a,s); plot(t,s) figure plot(t,s1)</code>
3	<code>[b,a]=butter(5,Fc*2/Fs); s1=filter(a,b,s); plot(t,s) figure plot(t,s1)</code>

4. Постройте частотную характеристику ФНЧ Баттерворта с нормированной частотой среза равной несущей частоте сигнала, $F_s=1000$ Гц, $F_c=5$ Гц:

1	<code>[b,a]=butter(5,Fc*2/Fs); f=0.01:0.01:10; freqz(b,a,f,Fs);</code>
2	<code>[b,a]=butter(5,Fc*2/Fs); f=0.01:0.01:10; freqz(b,a, Fc*2/Fs);</code>
3	<code>[b,a]=butter(5,Fc*2/Fs); freqz(b,a, Fc*2/Fs);</code>

5. Пусть частота дискретизации равна $F_s=1000$ Гц. Синтезируйте ФНЧ Баттерворта с полосой пропускания от 0 до 40 Гц, пульсациями АЧХ в полосе пропускания, не превосходящими 3 дБ, и с подавлением сигнала как минимум 60 дБ в полосе задерживания, простирающейся от 150 Гц до частоты Найквиста.

ста, равной 500 Гц. Определите порядок фильтра и частоту среза. Постройте график АЧХ и ФЧХ полученного фильтра.

$W_p = 40/500$; $W_s = 150/500$;

$[n, W_n] = \text{buttord}(W_p, W_s, 3, 60)$

$[b, a] = \text{butter}(n, W_n)$;

$\text{freqz}(b, a, 512, 1000)$; $\text{title}('n=5 \text{ Butterworth Lowpass Filter}')$

1	2	3	4
n=5 Wn= 0.0810	n=5 Wn= 0.0171	n=7 Wn= 0.0810	n=3 Wn= 0.0231

6. Вычислите с помощью функции conv свертку числовых последовательностей $x=[1 \ 3 \ 2]$ и $h = [1 \ 2 \ 3 \ 4]$.

1	2	3	4
$x=[1 \ 3 \ 2]$; $h = [1 \ 2 \ 3 \ 4]$; $y = \text{conv}(x, h)$;	$x=[1 \ 3 \ 2]$; $h = [1 \ 2 \ 3 \ 4]$; $y = \text{conv}(x, h)$;	$x=[1 \ 3 \ 2]$; $h = [1 \ 2 \ 3 \ 4]$; $y = \text{fir1}(x, h)$;	$x=[1 \ 3 \ 2]$; $h = [1 \ 2 \ 3 \ 4]$; $y = \text{filter}(x, h)$;

7. Синтезировать оптимальный аналоговый фильтр прототип (АФП) Чебышева I рода по заданным требованиям к АЧХ ФНЧ. Пульсация АЧХ в полосе пропускания $R_p=0,4455$ дБ и в полосе задерживания $R_s= 40$ дБ. Граничная частота полосы пропускания, граничная частота полосы задерживания $f_p=1000$ и $f_s=1500$.

1	2	3
$f_t=1000$; $f_k=1500$; $W_p=2.*\pi.*f_t$; $W_s=2.*\pi.*f_k$; $r_p=0.4455$; $r_s=40$; $[n, W_n]=\text{cheb1ord}(W_p, W_s, r_p, r_s, 's')$; $[bs2, as2]=\text{cheby1}(n, r_p, W_n, 's')$;	$f_t=1000$; $f_k=1500$; $W_p=2.*\pi.*f_t$; $W_s=2.*\pi.*f_k$; $r_p=0.4455$; $r_s=40$; $[R4, Wn4]=\text{ellipord}(W_p, W_s, r_p, r_s, 's')$; $[bs4, as4]=\text{ellip}(R4, r_p, r_s, Wn4, 's')$;	$f_t=1000$; $f_k=1500$; $W_p=2.*\pi.*f_t$; $W_s=2.*\pi.*f_k$; $r_p=0.4455$; $r_s=40$; $[R3, Wn3]=\text{cheb2ord}(W_p, W_s, r_p, r_s, 's')$; $[bs3, as3]=\text{cheby2}(R3, r_s, Wn3, 's')$;

8. Постройте график АЧХ аналогового фильтра прототип Чебышева II рода по заданным требованиям к АЧХ ФНЧ. Пульсация АЧХ в полосе пропускания $R_p=0,4455$ дБ и в полосе задерживания $R_s= 40$ дБ. Граничная частота полосы пропускания, граничная частота полосы задерживания $f_p=1000$ и $f_s=1500$. Частота дискретизации равна $F_s=8000$ Гц. Задается сетка частот (1000 точек). Основная полоса частот $[0; F_s/2]$.

1	$F_s=8000$; $f=0:(F_s/2)/1000:F_s/2$; $W=2.*\pi.*f$; $Ha3=\text{freqs}(bs3, as3, W)$; $MAG3=\text{abs}(Ha3)$; $\text{plot}(f, MAG3, \text{xlabel}('f(\text{Hz})'), \text{grid}, \dots)$ $\text{ylabel}('MAGNITUDE'), \text{title}('Analog Filter Chebyshov II'), \text{ylim}([0 \ 1])$;
2	$F_s=8000$; $f=0:(F_s/2)/1000:F_s/2$; $W=2.*\pi.*f$; $Ha4=\text{freqs}(bs4, as4, W)$; $MAG4=\text{abs}(Ha4)$; $\text{plot}(f, MAG4, \text{xlabel}('f(\text{Hz})'), \text{grid}, \dots)$ $\text{ylabel}('MAGNITUDE'), \text{title}('Analog Filter Eleptic'), \text{ylim}([0 \ 1])$;
3	$F_s=8000$;

	<pre>f=0:((Fs/2)/1000):Fs/2; W=2.*pi.*f; Ha1=freqs(bs1,as1,W); MAG1=abs(Ha1); plot(f,MAG1),xlabel('f(Hz)'),grid,... ylabel('MAGNITUDE'),title('Analog Filter Butterworth'),ylim([0 1])</pre>
--	--

9. Синтезировать оптимальный цифровой полосовой БИХ-фильтр Баттерворта методом билинейного Z-преобразования. Пульсация АЧХ в полосе пропускания $R_p=0,4455$ дБ и в полосе задерживания $R_s=40$ дБ. Полоса пропускания [1400 2000] Гц, полоса задерживания [1000 2400] Гц, т.е. от 0 до 1000 Гц и от 2400 Гц до $F_s/2$. Частота дискретизации равна $F_s=8000$ Гц. задается сетка частот (1000 точек). Основная полоса частот [0; $F_s/2$].

1	<pre>Fs=8000;fs1=1000; fp1=1400; fp2=2000; fs2=2400; fp=[fp1 fp2]; fs=[fs1 fs2]; WDp=fp./(Fs/2); WDs=fs./(Fs/2); rp=0.4455; rs=40; [R1,WDn1]=buttord(WDp,WDs,rp,rs); [b1,a1]=butter(R1,WDn1); f=0:((Fs/2)/1000):Fs/2; [b1,a1]=butter(R1,WDn1); Ha1=freqz(b1,a1,f,Fs); MAG1=abs(Ha1); plot(f,MAG1),xlabel('f(Hz)'),grid,... ylabel('MAGNITUDE'),title('Digital Filter Butterworth'),ylim([0 1]);</pre>
2	<pre>Fs=8000;fs1=1000; fp1=1400; fp2=2000; fs2=2400; fp=[fp1 fp2]; fs=[fs1 fs2]; WDp=fp./(Fs/2); WDs=fs./(Fs/2); rp=0.4455; rs=40; [R2,WDn2]=cheb1ord(WDp,WDs,rp,rs); f=0:((Fs/2)/1000):Fs/2; [b2,a2]=cheby1(R2,rp,WDn2); Ha2=freqz(b2,a2,f,Fs); MAG2=abs(Ha2); plot(f,MAG2),xlabel('f(Hz)'),grid,... ylabel('MAGNITUDE'),title('Digital Filter Chebyshov I'),ylim([0 1]);</pre>
3	<pre>Fs=8000;fs1=1000; fp1=1400; fp2=2000; fs2=2400; fp=[fp1 fp2]; fs=[fs1 fs2]; WDp=fp./(Fs/2); WDs=fs./(Fs/2); rp=0.4455; rs=40; [R2,WDn2]=cheb2ord(WDp,WDs,rp,rs); f=0:((Fs/2)/1000):Fs/2; [b2,a2]=cheby1(R2,rp,WDn2); Ha2=freqz(b2,a2,f,Fs); MAG2=abs(Ha2); plot(f,MAG2),xlabel('f(Hz)'),grid,... ylabel('MAGNITUDE'),title('Digital Filter Chebyshov II'),ylim([0 1]);</pre>

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Сконструировать ЛЧМ сигнал в системе Matlab со следующими параметрами: $fs=1e3$; (частота дискретизации 1кГц); $t=0:1/fs:1$; (вектор дискретных значений); $f_0=1+[t*300]$; (частота импульса).

2. С помощью функции дискретной фильтрации $filter(h,1,x)$, где $h=[1 2 3 4]$ вектор коэффициентов нерекурсивной части, 1 – вектор коэффициентов рекурсивной части, определите значения профильтрованного сигнала $x=[1 3 2 0 0$

0] подаваемого на вход КИХ-фильтра.

3. С помощью функции `filter(h,1,[1 0 0 0])` рассчитайте импульсную характеристику дискретного фильтра с вектором коэффициентов нерекурсивной части $h=[1 2 3 4]$.

4. Постройте график импульсной характеристики фильтра Баттерворта 5-го порядка с частотой среза, равной 0,2 частоты дискретизации `[b,a]=butter(5,0.2)` с помощью функции `impz(b,a)`.

5. Синтезируйте КИХ-фильтр на 32 отвода с помощью функции (метод рядов Фурье со взвешиванием) `fir1` с частотой среза нормированной к частоте Найквиста $F_c=3/8$

```
b=fir1(31,3/8);  
freqz(b)
```

6. Опишите условия, необходимые для того, чтобы реальный цифровой фильтр имел линейную фазовую характеристику.

7. Синтезируйте нерекурсивный дискретный КИХ-фильтр на 32 отвода фильтра с линейной ФЧХ с помощью функции `firls` в системе Matlab. Порядок КИХ-фильтра 32, значения частот, нормированные к частоте Найквиста $f=[0 0.2 0.25 1]$, вектор, содержащий значения амплитуд АЧХ $a=[1 1 0 0]$

```
b=firls(32,f,a);  
[h,w]=freqz(b);  
plot(w/pi, abs(h))
```

8. Для передаточной функции найдите и построьте график частотной характеристики. Частота дискретизации 500 Гц:

$$H(z) = \frac{1 - 1,6180z^{-1} + z^{-2}}{1 - 1,5161z^{-1} + 0,878z^{-2}}$$

```
b=[1 -1,6180 1];  
a=[1 -1,5161 0,878];  
freqz(b,a,256,500)
```

9. Синтезируйте ФНЧ Баттерворта. Исходные данные: частота дискретизации $F_s=5$ кГц; граничная частота полосы пропускания $f_p = 1$ кГц; максимальное затухание в полосе пропускания $R_p = 3$ дБ; граничная частота полосы задерживания $f_s = 1$ кГц; минимальное затухание в полосе задерживания $R_s = 40$ дБ.

```
Fs=5000;  
fp=1000;  
fs=1500;  
Rp=3;  
Rs=40;  
[n,Wn]=buttord(2*fp/Fs,2*fs/Fs,Rp,Rs);  
[a,b]=butter(n,Wn);
```

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Синтезируйте нерекурсивный дискретный КИХ-фильтр на 32 отвода фильтра с линейной ФЧХ с помощью функции `firls` в системе Matlab. Порядок

КИХ-фильтра 32, значения частот, нормированные к частоте Найквиста $f=[0 \ 0.225 \ 1]$, вектор, содержащий значения амплитуд АЧХ $a=[1 \ 0]$, минимальный коэффициент передачи $lo=[0.98 \ -0.02]$, максимальный коэффициент передачи $up=[1.02 \ 0.02]$.

```
f=[0 0.225 1];
a=[1 0];
up=[1.02 0.02];
lo=[0.98 -0.02];
b=fircls(32,f,a,up,lo);
freqz(b);
[h,w]=freqz(b);
plot(w/pi, abs(h))
```

2. Синтезируйте нерекурсивный дискретный КИХ-фильтр на 34 отвода фильтра с линейной ФЧХ с помощью функции `fircls` в системе Matlab. Точность представления входных отчетов 12 разрядов, точность представления коэффициентов 14 разрядов, определение максимальной и минимальной разрядности коэффициентов, вектор частот `LowPassFreqBand = [0 0.001045 0.0015 1]` и вектор амплитуд `LowPassMagnBand = [1 0.975 0.00001 0.00001]`;

```
FilterOrder = 34;
InputBitWidth = 12;
CoefBitWidth = 14;
coef_max = 2^(CoefBitWidth - 1) - 1;
coef_min = -2^(CoefBitWidth - 1);
LowPassFreqBand = [0 0.001045 0.0015 1];
LowPassMagnBand = [1 0.975 0.00001 0.00001];
FlCoef_org = fircls(FilterOrder,LowPassFreqBand,LowPassMagnBand);
```

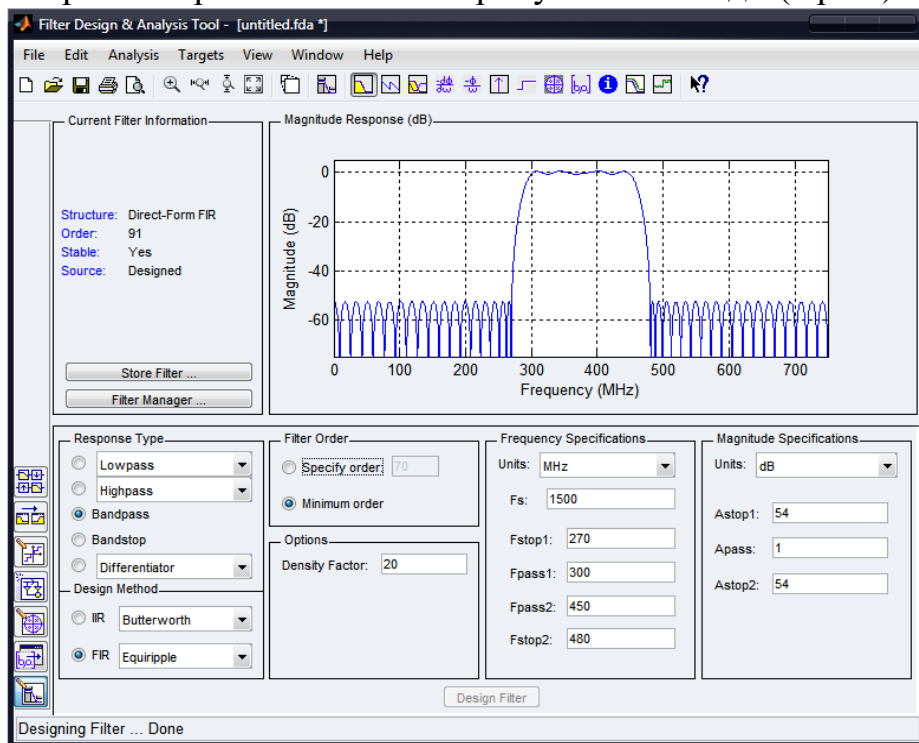
3. Синтезируйте нерекурсивный дискретный КИХ-фильтр на 34 отвода фильтра с линейной ФЧХ с помощью функции `fircls` в системе Matlab с использованием n -точечного окна Блэкмана с параметрами указанными в примере 3. Определите коэффициент масштабирования коэффициентов фильтра и представьте коэффициенты в формате с фиксированной запятой

```
w=blackman(FilterOrder + 1);
FlCoef_win = FlCoef_org .* w';
FlCoef = FlCoef_win(2:34);
ScalingFactor = min(coef_max/max(FlCoef), coef_min/min(FlCoef));
FpCoef = fix(abs(ScalingFactor) * FlCoef);
```

4. С помощью метода `Equirple` и среды `FDATool` вычислите коэффициенты полосового (`bandpass`) КИХ-фильтра, который удовлетворяет следующим спецификациям:

- Частота дискретизации (F_s) = 1.5 МГц
- $F_{stop\ 1}$ = 270 кГц
- $F_{pass\ 1}$ = 300 кГц
- $F_{pass\ 2}$ = 450 кГц

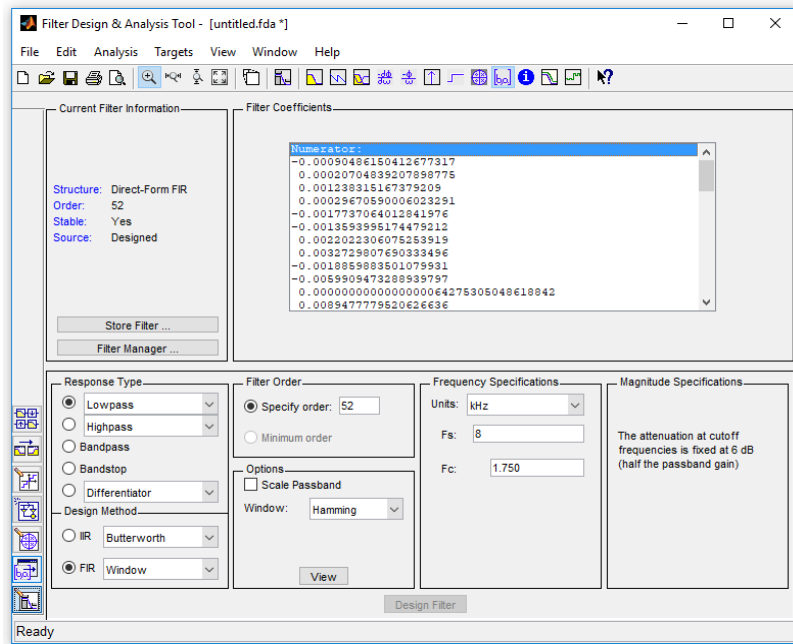
- $F_{stop2} = 480$ кГц
- неравномерность в полосе подавления = 54 дБ (A_{stop1} и A_{stop2})
- неравномерность в полосе пропускания = 1 дБ (A_{pass})



5. Синтезируйте нерекурсивный дискретный КИХ-фильтр на 32 отвода фильтра с линейной ФЧХ с помощью функции `remez` в системе Matlab. Порядок КИХ-фильтра 32, значения частот, нормированные к частоте Найквиста $f=[0 \ 0.2 \ 0.25 \ 1]$, вектор, содержащий значения амплитуд АЧХ $a=[1 \ 1 \ 0 \ 0]$
 $b=\text{remez}(32,f,a)$

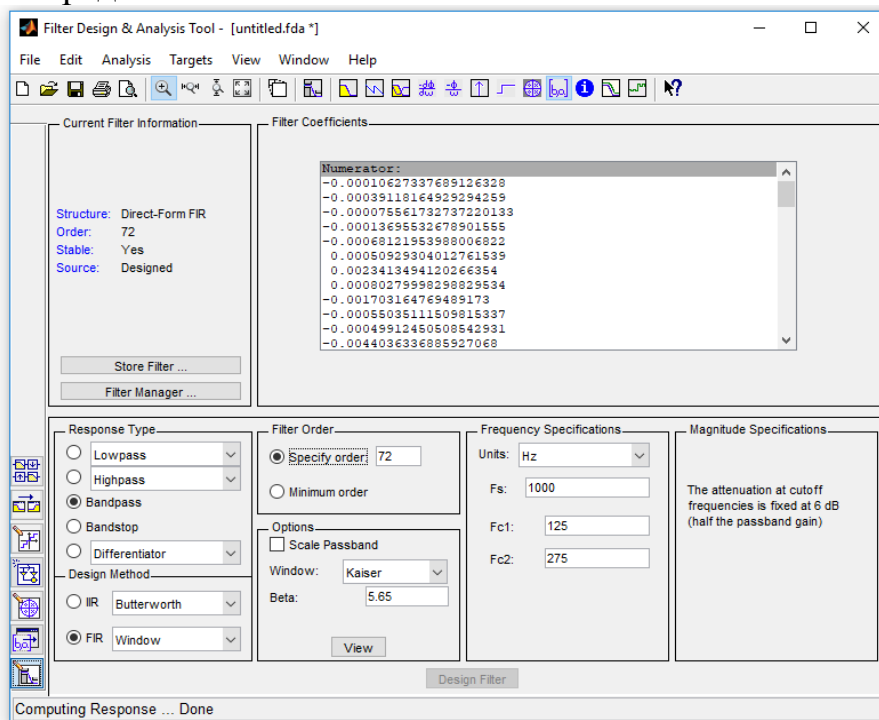
6. Синтезируйте нерекурсивный дискретный КИХ-фильтр на 32 отвода фильтра с линейной ФЧХ с помощью функции `firls` в системе Matlab. Точность представления входных отчетов 8 разрядов, вектор частот `LowPassFreqBand = [0 0.1 0.2 1]` и вектор амплитуд `LowPassMagnBand = [1 0.9 0.0001 0.0001]`
`FilterOrder = 32`
`InputBitWidth = 8`
`LowPassFreqBand = [0 0.1 0.2 1];`
`LowPassMagnBand = [1 0.9 0.0001 0.0001];`
`FlCoef = firls(FilterOrder,LowPassFreqBand,LowPassMagnBand);`

7. С помощью метода взвешивания и среды `FDA Tool` вычислите коэффициенты КИХ-фильтра НЧ, который удовлетворяет следующим спецификациям: граничная частота полосы пропускания 1.5 кГц, ширина переходной полосы 0.5 кГц, затухание в полосе подавления больше 50 дБ, частота дискретизации 8 кГц. Определите длину фильтра N , коэффициенты фильтра. Используйте функцию Хэмминга. Для учета эффекта смазывания характеристики фильтра, вводимого весовой функцией, используйте центр полосы перехода.



8. С помощью метода взвешивания и среды FDATool вычислите коэффициенты полосового (bandpass) КИХ-фильтра, который удовлетворяет следующим спецификациям: полоса пропускания 150–250 Гц, ширина полосы перехода 50 Гц, неравномерность в полосе пропускания 0,1 дБ, затухание в полосе подавления 60 дБ, частота дискретизации 1 кГц. Используйте функцию Кайзера.

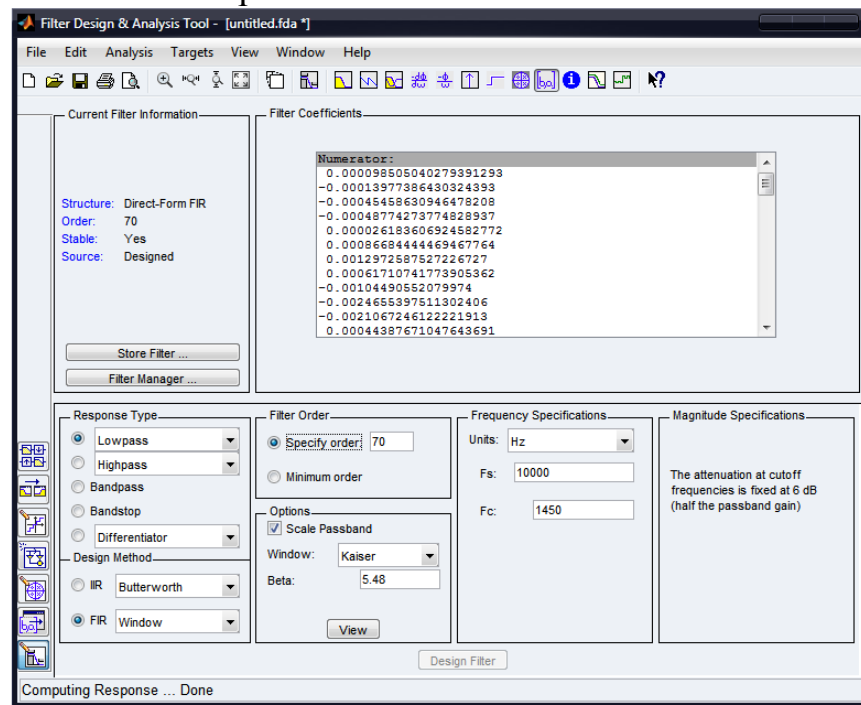
Определите длину фильтра N , параметр неравномерности Ветта, коэффициенты фильтра. Осуществите учет эффекта смазывания характеристики фильтра для определения F_{c1} и F_{c2} .



9. С помощью метода взвешивания и среды FDATool вычислите коэффициенты КИХ-фильтра, который удовлетворяет следующим спецификациям: ширина полосы перехода 500 Гц, неравномерность в полосе пропускания 0,1

дБ, затухание в полосе подавления 40 дБ, частота дискретизации 10 кГц. Используйте функцию Кайзера.

Определите длину фильтра N, параметр неравномерности Betta, коэффициенты фильтра. Осуществите учет эффекта смазывания характеристики фильтра для определения частоты среза Fc.



7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Спроектируйте параллельный КИХ-фильтр на 4 отвода $y = C_0x_0 + C_1x_1 + C_2x_2 + C_3x_3$ в САПР ПЛИС Quartus II. Коэффициенты фильтра целочисленные со знаком, $C_0 = -2$, $C_1 = -1$, $C_2 = 7$ и $C_3 = 6$. Используйте мегафункцию ALTMULT_ACCUM. Для отладки проекта используйте учебно-лабораторный стенд LESO2.1.

2. Спроектируйте параллельный КИХ-фильтр на 4 отвода $y = C_0x_0 + C_1x_1 + C_2x_2 + C_3x_3$ в САПР ПЛИС Quartus II. Коэффициенты фильтра целочисленные со знаком, $C_0 = -2$, $C_1 = -1$, $C_2 = 7$ и $C_3 = 6$. Используйте мегафункцию ALTMULT_ADD. Для отладки проекта используйте учебно-лабораторный стенд LESO2.1.

3. Спроектируйте параллельный КИХ-фильтр на 4 отвода $y = C_0x_0 + C_1x_1 + C_2x_2 + C_3x_3$ в САПР ПЛИС Quartus II версии 9.1. Коэффициенты фильтра целочисленные со знаком, $C_0 = -2$, $C_1 = -1$, $C_2 = 7$ и $C_3 = 6$. Используйте мегафункцию ALTMEMMULT. Для отладки проекта используйте учебно-лабораторный стенд LESO2.1.

4. Спроектируйте КИХ-фильтр на 4 отвода с использованием мегаядра FIR Compiler САПР ПЛИС Quartus II на параллельной распределенной арифметике. Коэффициенты фильтра целочисленные со знаком, $C_0 = -2$, $C_1 = -1$, $C_2 = 7$ и $C_3 = 6$

5. Разработайте код языка VHDL КИХ-фильтра на 4 отвода с использованием оператора цикла loop. Напишите тестбенч для моделирования импульсной характеристики фильтра в ModelSim. Коэффициенты фильтра целочисленные со знаком, $C_0 = -2$, $C_1 = -1$, $C_2 = 7$ и $C_3 = 6$.

6. Спроектируйте систолический КИХ-фильтр на 4 отвода в САПР ПЛИС Quartus II с однотипными процессорными элементами. Коэффициенты фильтра целочисленные со знаком, $C_0 = -2$, $C_1 = -1$, $C_2 = 7$ и $C_3 = 6$.

7. Разработайте тестбенч (испытательный стенд на языке VHDL) для моделирования импульсной характеристики КИХ-фильтра 4 отвода.

8. Синтезируйте нерекурсивный дискретный КИХ-фильтр на 32 отвода фильтра с линейной ФЧХ с помощью функции `firls` в системе Matlab. Порядок КИХ-фильтра 32, точность представления входных отсчетов 8 бит, частотный диапазон полос $[0 \ 0.1 \ 0.2 \ 1]$, вектор, содержащий значения амплитуд АЧХ для частот вектора $[1 \ 0.9 \ 0.0001 \ 0.0001]$.

9. Рассчитайте коэффициенты КИХ-фильтра на 32 отвода с помощью функции (метод рядов Фурье со взвешиванием) `fir1` с частотой среза нормированной к частоте Найквиста $F_c=3/8$ или 187 кГц/500 кГц.

10. С помощью функции дискретной фильтрации `filter(b,a,x)`, где $[-2,-1,7,6]$ вектор коэффициентов нерекурсивной части, 1 – вектор коэффициентов рекурсивной части, постройте имитационную модель в Simulink и определите значения профильтрованного сигнала $x=[-5,3,1,0,0,0]$ подаваемого на вход КИХ-фильтра

7.2.5. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 2 балла. Максимальное количество набранных баллов — 4.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 3 до 4 баллов.

7.2.6 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Программные инструменты для Verilog-синтеза в базис ПЛИС/БИС	ПКВ-1; ПКВ-5	Тест, защита лабораторных работ.
2	Маршрут проектирования заказных БИС и систем на кристалле. Высокоуровневые языки SystemC/C++ в проектировании БИС на системном уровне	ПКВ-1; ПКВ-5	Тест, защита лабораторных работ.
3	Моделирование аналого-цифровых систем с использованием языка Verilog-A	ПКВ-1; ПКВ-5	Тест, защита лабораторных работ.
4	Архитектуры вычислительных систем на ПЛИС	ПКВ-1; ПКВ-5	Тест, защита лабораторных работ.
5	Разработка имитационных моделей	ПКВ-1; ПКВ-5	Тест, защита лабораторных работ.

	вычислительных устройств		ракторных работ.
6	Программные средства для разработки встраиваемых микропроцессорных систем	ПКВ-1; ПКВ-5	Тест, защита лабораторных работ.
7	Модельно-ориентированное проектирование устройств ЦОС на ПЛИС в среде Xilinx System Generator	ПКВ-1; ПКВ-5	Тест, защита лабораторных работ.
8	Модельно-ориентированное проектирование устройств ЦОС на ПЛИС в среде Altera DSP Builder	ПКВ-1; ПКВ-5	Тест, защита лабораторных работ.
9	Проектирование функциональных схем реконфигурации ПЛИС типа ППВМ в САПР Quartus II	ПКВ-1; ПКВ-5	Тест, защита лабораторных работ.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Вид и годы издания	Обеспеченность
8.1.1 Основная литература				
1	Вонг Б.П., Миталл А., Старр Г.	Нано-КМОП схемы и проектирование на физическом уровне. — М.: Техносфера, 2014. — 657 с.	Монография, 2014	0.1
2	Кестер У.	Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов. — М.: Техносфера, 2011. — 523 с.	Монография, 2011	0.2

3	Попов В.Д., Белова Г.Ф.	Физические основы проектирования кремниевых цифровых интегральных схем в монолитном и гибридном исполнении. — СПб.: Лань, 2013. — 433 с.	Учебник, 2013	0.4
4	Грушевицкий Р., Мурсаев А., Угрюмов Е.	Проектирование систем на микросхемах с программируемой структурой. — СПб.: БХВ–Петербург, 2006. — 419 с.	Учеб. для вузов, 2006	0.1
5	Амосов В.В.	Схемотехника и средства проектирования цифровых устройств. — СПб.: БХВ – Петербург, 2007. — 296 с.	Учеб. для вузов, 2007	0.1
6	Тарасов И.Е., Потехин И.Е.	Разработка систем цифровой обработки сигналов на базе ПЛИС. — М.: Горячая линия – Телеком, 2007. — 354 с.	Учеб. для вузов, 2007	0.4
8.1.2. Дополнительная литература				
1	Строгонов А.В.	Основы цифровой обработки сигналов. — Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГТУ», 2014. — 438 с.	Учеб. для вузов, 2014	1
2	Строгонов А.В.	Проектирование устройств цифровой обработки сигналов для реализации в базисе программируемых логических интегральных схем. — Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГТУ», 2013. — 323 с.	Учеб. для вузов, 2013	1
3	Строгонов А.В.	Системное проектирование программируемых логических интегральных схем. — Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГТУ», 2012. — 322 с.	Учеб. для вузов, 2012	1
8.1.3. Методические разработки				
1	Строгонов А.В.	Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1, 2 по дисциплине «Проектирование цифровых устройств в базисе ПЛИС». Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГТУ», 2014. 57 с	Метод. указ., 2014	1
8.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
1	САПР БИС Tanner САПР ПЛИС Altera Quartus II САПР ПЛИС Xilinx ISE Системы цифрового моделирования ModelSim-Altera Система визуально-имитационного моделирования Matlab/Simulink Программа синтеза логики Synplicity Synplify			
2	www.labfor.ru Лаборатории электронных средств обучения, ЛЭСО ГОУ ВПО «СибГУТИ»			

www.asic.ru НПК "Технологический центр"
www.tcen.ru НПК "Технологический центр"
www.e-kir.ru Электронные версии журнала "Компоненты и технология"

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

САПР ПЛИС Altera Quartus II+ Altera DSP Builder САПР ПЛИС Xilinx ISE+ Xilinx System Generator Системы цифрового моделирования ModelSim-Altera Система визуально-имитационного моделирования Matlab/Simulink
www.labfor.ru Лаборатории электронных средств обучения, ЛЭСО ГОУ ВПО «СибГУТИ»
www.asic.ru НПК "Технологический центр"
www.tcen.ru НПК "Технологический центр"
www.e-kir.ru Электронные версии журнала "Компоненты и технология"

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Учебный лабораторный стенд на ПЛИС структуры FPGA — LESO2.
2. Учебный стенд LESO7 предназначен для изучения цифровой обработки сигналов. Конструктивно стенд выполнен в виде печатной платы в прозрачном корпусе из органического стекла. Большинство компонентов расположены с верхней стороны и доступно обзору. Стенд подключается к персональному компьютеру (ПК) или ноутбуку через разъем USB.

На плате расположена программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) с набором аналоговой периферии: аналого-цифровые (АЦП) и цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП). Ввод и вывод аналогового сигнала осуществляется через разъемы типа BNC.

В основе стенда ПЛИС FPGA Cyclone IV. На плате установлен высокоскоростной двуканальный USB конвертор FT232RL. Один канал использован для конфигурации ПЛИС, другой предназначен для высокоскоростного обмена данными между компьютером и стендом. Питание платы осуществляется от USB.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Проектирование ИС на системном и алгоритмическом уровнях»

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в со-

ответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			