

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
радиотехники и компьютерных  
технологий**

**Д.А. Гаврилов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Импульсные и цифровые устройства
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий центр образовательных программ ФРКТ
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 90 час.

Самостоятельная работа: 165 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 315, всего зач. ед.: 7

Программу составили:

И.Н. Лобанов, старший преподаватель

А.С. Федоткин

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ ФРКТ 08.11.2024

## Аннотация

Курс лекций и лабораторных занятий «Импульсные и цифровые устройства» направлен на ознакомление студентов с современными методами разработки электронных устройств, основными понятиями и терминами проектирования цифровых устройств на основе заказных микросхем (СБИС) и программируемых интегральных схем (ПЛИС). Рассматриваются современные технологии, системы автоматизации проектирования (САПР) и базовые этапы маршрута проектирования цифровых устройств. При выполнении лабораторных работ студенты знакомятся с аппаратной реализацией импульсных и цифровых электронных устройств на основе современной элементной базы ПЛИС, средой разработки и моделирования ISE, последовательностными и комбинационными логическими схемами. Самостоятельно выполняют проектирование цифровых генераторов импульсов произвольной формы с регулируемыми параметрами, генераторов периодических сигналов напряжения произвольной формы с регулируемой амплитудой, частотой и периодом колебаний, цифровых измерителей параметров одиночных и периодических импульсов, частоты периодических сигналов с минимизацией погрешности дискретности отсчета. Выполняют аппаратную реализацию арифметических устройств суммирования, умножения, деления, извлечения квадратного и кубического корня, арифметических операций с комплексными числами (поворотные множители) на базе лабораторного макета Digilent NEXYS2. Работают с целыми и дробными числами. Реализуют цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи и рекурсивные цифровые фильтры на ПЛИС.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- ознакомление с современными технологиями и получение навыков разработки, моделирования и отладки импульсных и цифровых устройств.

### Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в области разработки импульсных и цифровых устройств на основе программных логических интегральных схем (ПЛИС);
- приобретение теоретических знаний области методики проектирования, моделирования и анализа импульсных и цифровых устройств;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных исследований и разработки импульсных и цифровых устройств на основе ПЛИС.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1 Способен устанавливать разные виды коммуникации (учебную, научную, деловую, неформальную и др.)
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научной, технической и (или) иной информации	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности

обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные инструменты и технологии, составляющие понятие импульсных и цифровых устройств;
- основные технологические процессы, связанные с разработкой импульсных и цифровых устройств на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС);
- современные проблемы проектирования импульсных и цифровых устройств на ПЛИС;
- основные методы оптимизации проектирования импульсных и цифровых устройств на ПЛИС;
- основы обеспечения качества и высокой скорости проектирования при разработке импульсных и цифровых устройств.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения прикладных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов моделирования и эксперимента;
- делать качественные выводы при переходе к предельным частотам сигналов синхронизации цифровых устройств;
- видеть в результатах моделирования соответствия и отличия от реальных процессов в импульсных и цифровых устройствах;
- осваивать новые методики описания связей элементов в электронных схемах цифровых устройств.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы и использования информации из баз знаний в Интернет;
- культурой постановки и проектирования задач по разработке импульсных и цифровых устройств;
- навыками использования современных инструментов проектирования импульсных и цифровых устройств;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Триггеры и счетчики импульсов на ПЛИС.	9		24	40
2	Генераторы импульсов на ПЛИС	7		22	41

3	Аккумуляторные измерители частоты на ПЛИС	7		22	42
4	Реализация арифметических операций на ПЛИС	7		22	42
Итого часов		30		90	165
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		315 час., 7 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

##### 1. Триггеры и счетчики импульсов на ПЛИС.

Элементная база современных импульсных и цифровых устройств (КМОП транзисторы, инвертор, буфер, ключ, переключатель). ПЛИС. Структура, генераторы произвольной логической функции, D-триггеры, Т и Е-буферы, блоки ввода/вывода, конфигурируемые логические блоки, глобальные буферы, слайсовая и блочная память, загрузка конфигурации. Триггеры ПЛИС (FDCE, FDPE, FDRE, FDSE, FJKE, FTE). Счетчики импульсов (CBmCE, CBmRE, реверсивный счетчик CBmLED, декадный счетчик, счетчик Джонсона, счетчик в коде Грея).

##### 2. Генераторы импульсов на ПЛИС

Составление схем модулей ПЛИС на VERILOG-е. Моделирование работы модулей в ISE симуляторе. Составление схемы устройства на ПЛИС со встроенными модулями.

##### 3. Аккумуляторные измерители частоты на ПЛИС

Цифровые генераторы импульсов. Синтезатор периода. Цифровые управляемые генераторы импульсов с заданными параметрами. Цифровые генераторы «пилы».

##### 4. Реализация арифметических операций на ПЛИС

Измерители длительности, периода и частоты импульсов. Аккумуляторные измерители частоты. Аккумулятор (накапливающий сумматор). Синтезатор частоты с декадно-кратным шагом.

Арифметические операции на ПЛИС. Представление чисел с фиксированной и плавающей точкой. Аппаратные средства ПЛИС для суммирования, вычитания, умножения и деления. Умножение комплексных чисел. Регистр последовательного приближения. Извлечение квадратного и кубического корня.

#### 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Персональные компьютеры. WebPack ISE.13.3, WebPack ISE.7.1i. Отладочные макеты NEXYS2. Цифровые осциллографы Signal-PV65.

#### 6.Перечень рекомендуемой литературы

##### Основная литература

1. Проектирование цифровых устройств [Текст] : в 2 т. Т.1 : [учеб. пособие для вузов] / Дж. Ф. Уэйкерли ; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. П. Ларина .— М. : Постмаркет, 2002 .— 528 с.
2. Проектирование цифровых устройств [Текст] : в 2 т. Т.1 : [учеб. пособие для вузов] / Дж. Ф. Уэйкерли ; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. П. Ларина .— М. : Постмаркет, 2002 .— 528 с.

#### Дополнительная литература

1. Основы цифровой электроники [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Л. Ларин ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : МФТИ, 2014 .— 281 с.

### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Страница с документацией:

<http://www.xilinx.com/products/boards-and-kits/ek-k7-kc705-g.html#documentation>

### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

WebPack ISE.13.3, WebPack ISE.7.1i.

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Во время выполнения и сдачи лабораторных работ студенты могут пользоваться конспектами лекций, методическими пособиями к лабораторным работам, лабораторными макетами, личной и лабораторной вычислительной техникой, и справочной литературой, в том числе из интернета.

Экзамен по курсу ИЦУ проводится в виде реализации и защиты индивидуального проекта.

Студенту предоставляется возможность пользоваться всеми источниками информации: лекциями, материалами своих лабораторных работ, интернетом и практически неограниченное время с 8:00 до 20:00. В задачи экзаменационных проектов входит только то, что было в лабораторных работах или на лекциях.

Для контроля и коррекции знаний, обучающиеся могут использовать компьютерное моделирование.

В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как WebPack ISE.14.4, WebPack ISE.7.1i. OrCAD.

Самостоятельная работа включает в себя: чтение и конспектирование рекомендуемой литературы, просмотр интернет-ресурсов по тематике курса.

Рекомендуем также прочитать:

- 1.Суворова Е.А., Шейнин Ю.Е. Проектирование цифровых систем на VHDL.- СПб.: БХВ-Петербург,2003.-576 с.
- 2.Шарапов А. В. Микроэлектроника. Цифровая схемотехника, Изд.: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2007, 158 с.
- 4.Соловьев В.В. Проектирование цифровых систем на основе ПЛИС, М.: Гор.линия-Телеком, 2007, 636 с.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий центр образовательных программ ФРКТ
<b>курс:</b>	<u>4</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен

**Разработчики:**

И.Н. Лобанов, старший преподаватель  
А.С. Федоткин

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1 Способен устанавливать разные виды коммуникации (учебную, научную, деловую, неформальную и др.)
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Импульсные и цифровые устройства» обучающийся должен:

### знать:

- основные инструменты и технологии, составляющие понятие импульсных и цифровых устройств;
- основные технологические процессы, связанные с разработкой импульсных и цифровых устройств на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС);
- современные проблемы проектирования импульсных и цифровых устройств на ПЛИС;
- основные методы оптимизации проектирования импульсных и цифровых устройств на ПЛИС;
- основы обеспечения качества и высокой скорости проектирования при разработке импульсных и цифровых устройств.

### уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения прикладных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов моделирования и эксперимента;
- делать качественные выводы при переходе к предельным частотам сигналов синхронизации цифровых устройств;
- видеть в результатах моделирования соответствия и отличия от реальных процессов в импульсных и цифровых устройствах;
- осваивать новые методики описания связей элементов в электронных схемах цифровых устройств.

**владеть:**

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы и использования информации из баз знаний в Интернет;
- культурой постановки и проектирования задач по разработке импульсных и цифровых устройств;
- навыками использования современных инструментов проектирования импульсных и цифровых устройств;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

### 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль по лабораторному курсу «Импульсные и цифровые устройства» осуществляется в форме контроля усвоения методов анализа и проектирования на современной элементной базе сложных электронных импульсных цифровых устройств в форме проведения опросов по подготовке к выполнению лабораторной работы и по полученным результатам с выставлением текущих оценок за каждый этап подготовки, выполнения и сдачи лабораторных работ.

Перечень контрольных вопросов

к лабораторной работе Lab401

1. В чем особенность входа clk триггера?
2. В чем особенность входа se триггера?
3. В чем особенность входов clr и pre триггера?
4. В чем особенность входа T триггера?
5. В чем особенность входов R и S триггера?
6. Что означает в модуле VCDDmSE "reg [ `m-1 ] Q=(1<<`m)-1"?
7. В каком цикле будет работать счетчик Джонсона? Как перевести его в другой цикл без перезагрузки конфигурации?
8. В чем особенность счетчика в коде Грея?
9. Как дополнить счетчик в коде Грея 5-м разрядом?
10. Почему в декадном счетчике можно заменить AND4B2 на AND2?
11. Какое назначение имеет вход L в реверсивном счетчике VCBmCLED?
12. Какое назначение имеет вход UP в реверсивном счетчике VCBmCLED?
13. В чем особенность входа clr в триггере?
14. Как синтезатор распределит сигналы по выводам D-триггера в таком модуле?

```
module VFDCE (input a, output reg Q=0,
input b,
input c,
input d);
always @ (posedge a or posedge b) begin
if (b) Q <= 0 ; else
Q <= c? d : Q ;
end
```

13. Каким образом удастся отображать разные цифры с одним дешифратором seg при условии, что в семи сегментном индикаторе одноименные сегменты всех четырех "цифр" соединены вместе?

к лабораторной работе Lab402

1. В чем особенность ждущего генератора импульса?
2. Как обеспечивается равенство длительности импульса целому числу периодов сигнала se?
3. Чему равен период выходного сигнала синтезатора периода?



4. Что такое ШИМ генератор.
5. Чему равна средняя частота переполнений аккумулятора?
6. Какие значения принимают интервалы между переполнениями аккумулятора?
7. Может ли аккумулятор иметь емкость кратную целой степени 2?
8. Как можно измерить длительность импульса?
9. Как измерить период следования импульсов?
10. Как измерить частоту следования импульсов?

к лабораторной работе Lab403\_PR

1. В чем особенность измерения частоты с прямоугольной весовой функцией?
2. Чему равна относительная погрешность дискретности отсчета при измерении частоты с прямоугольной весовой функцией?
3. Как зависит от частоты измеряемого сигнала относительная погрешность дискретности отсчета при измерении частоты с прямоугольной весовой функцией?
4. Чему равна максимальная измеряемая частота с прямоугольной весовой функцией?
5. Чему равна минимальная измеряемая частота с прямоугольной весовой функцией?
6. Чему равно максимальное значение прямоугольной весовой функции?
7. Чему равна полная сумма весовых коэффициентов прямоугольной весовой функции?
8. Чему равна оценка частоты с прямоугольной весовой функцией?
9. Как при помощи целочисленного арифметического делителя можно разделить меньшее целое число на большее целое число.
10. Как получить оценку частоты в декадном виде?

к лабораторной работе Lab403\_TR

1. В чем особенность измерения частоты с треугольной весовой функцией?
2. Чему равна относительная погрешность дискретности отсчета при измерении частоты с треугольной весовой функцией?
3. Как зависит от частоты измеряемого сигнала относительная погрешность дискретности отсчета при измерении частоты с треугольной весовой функцией?
4. Чему равна максимальная измеряемая частота с треугольной весовой функцией?
5. Чему равна минимальная измеряемая частота с треугольной весовой функцией?
6. Чему равно максимальное значение треугольной весовой функции?
7. Чему равна полная сумма весовых коэффициентов треугольной весовой функции?
8. Чему равна оценка частоты с треугольной весовой функцией?
9. Как при помощи целочисленного арифметического делителя можно разделить меньшее целое число на большее целое число.
10. Как получить оценку частоты в декадном виде?

к лабораторной работе Lab403\_PAR

1. В чем особенность измерения частоты с параболической весовой функцией?
2. Чему равна относительная погрешность дискретности отсчета при измерении частоты с параболической весовой функцией?
3. Как зависит от частоты измеряемого сигнала относительная погрешность дискретности отсчета при измерении частоты с параболической весовой функцией?
4. Чему равна максимальная измеряемая частота с параболической весовой функцией?
5. Чему равна минимальная измеряемая частота с параболической весовой функцией?
6. Чему равно максимальное значение параболической весовой функции?
7. Чему равна полная сумма весовых коэффициентов параболической весовой функции?
8. Чему равна оценка частоты с параболической весовой функцией?
9. Как при помощи целочисленного арифметического делителя можно разделить меньшее целое число на большее целое число.
10. Как получить оценку частоты в декадном виде?

к лабораторной работе Lab403\_4PAR

1. В чем особенность измерения частоты с кусочно-параболической весовой функцией?
2. Чему равна относительная погрешность дискретности отсчета при измерении частоты с кусочно-параболической весовой функцией?
3. Как зависит от частоты измеряемого сигнала относительная погрешность дискретности отсчета при измерении частоты с кусочно-параболической весовой функцией?
4. Чему равна максимальная измеряемая частота с кусочно-параболической весовой функцией?

5. Чему равна минимальная измеряемая частота с кусочно-параболической весовой функцией?
6. Чему равно максимальное значение кусочно-параболической весовой функции?
7. Чему равна полная сумма весовых коэффициентов кусочно-параболической весовой функции?
8. Чему равна оценка частоты с кусочно-параболической весовой функцией?
9. Как при помощи целочисленного арифметического делителя можно разделить меньшее целое число на большее целое число.
10. Как получить оценку частоты в декадном виде?

к лабораторной работе Lab409

1. Преобразователь четырехзначного десятичного числа в двоичное DEC\_to\_BIN.
2. Преобразователь двоичного числа в десятичное BIN\_to\_DEC
3. Преобразователь дробной части двоичного числа в десятичное Fbin\_to\_Fdec.
4. Арифметический делитель чисел my\_DIV.
5. Целочисленный арифметический делитель
6. Регистровый умножитель целых двоичных чисел.
7. Умножение чисел со знаком.
8. Умножение комплексных чисел.
9. Регистр последовательного приближения.
10. Алгоритм АЦП последовательного приближения.
11. Алгоритм извлечения корня квадратного.
12. Алгоритм извлечения корня кубического.
13. Арифметика с плавающей точкой.
14. Алгоритм преобразования Fix\_to\_Float.
15. Алгоритм преобразования Float\_to\_Fix.
16. Алгоритм FLOAT умножения.
17. Алгоритм FLOAT суммирования.
18. Алгоритм FLOAT деления.

к лабораторной работе Lab410\_XS

1. Генератор цифрового синусоидального сигнала.
2. Как регулируется амплитуда цифрового синусоидального сигнала?
3. Алгоритм квадратурной оценки амплитуды цифрового синусоидального сигнала.
4. Алгоритм извлечения корня квадратного.
5. Алгоритм оценки смещения цифрового синусоидального сигнала.
6. Как влияет изменение смещения цифрового синусоидального сигнала на точность оценки амплитуды?
7. Как влияет изменение смещения выборок сигнала на точность оценки амплитуды?
8. Как влияет отклонение частоты цифрового синусоидального сигнала от номинальной на оценку амплитуды?

к лабораторной работе Lab410\_XT

1. Генератор цифрового синусоидального сигнала.
2. Как регулируется амплитуда цифрового синусоидального сигнала?
3. Алгоритм квадратурной оценки амплитуды цифрового синусоидального сигнала.
4. Алгоритм извлечения корня квадратного.
5. Алгоритм оценки периода цифрового синусоидального сигнала.
6. Как влияет изменение периода цифрового синусоидального сигнала на точность оценки амплитуды?
7. Как влияет изменение смещения выборок сигнала на точность оценки амплитуды?
8. Как влияет отклонение частоты цифрового синусоидального сигнала от номинальной на оценку амплитуды?

к лабораторной работе Lab411

1. В чем особенность измерения напряжения с использованием микросхемы AD7740?
2. Как зависит частота выходного сигнала AD7740 от входного напряжения?
3. Чему равна оценка напряжения?
4. Чему равна дискретность измерения напряжения?
5. По какому правилу выбирается время измерения частоты?
6. Как влияют пульсации измеряемого напряжения на точность оценки среднего напряжения?

7.Как преобразовать двоичное число в двоично десятичное (декадное)?

8.Как оценить амплитуду модуля синусоидального напряжения?

9.Как выполнить компенсацию смещения нуля?

10.Как провести калибровку измерителя напряжения?

к лабораторной работе Lab412L

1.Схема цифроаналогового преобразователя (ЦАП) R2R с переключателями напряжения.

2.Выведите формулу зависимости выходного напряжения ЦАП R2R с переключателями напряжения от числа и опорного напряжения.

3.Схема цифроаналогового преобразователя (ЦАП) R2R с переключателями тока.

4.Выведите формулу зависимости выходного напряжения ЦАП R2R с переключателями тока от числа и опорного напряжения.

5.Множительный ЦАП с линейной зависимостью выходного напряжения от числа.

6.Множительный ЦАП с обратной зависимостью выходного напряжения от числа.

7.Микросхема ЦАП R2R AD8512.

8.Микросхема множительного ЦАП AD8043.

9.Последовательное соединение множительных ЦАП.

10.Последовательная загрузка данных по SPI интерфейсу в ЦАП.

11.Максимальная частота сигнала дискретизации ЦАП.

к лабораторной работе Lab412S

1.Схема цифроаналогового преобразователя (ЦАП) R2R с переключателями напряжения.

2.Выведите формулу зависимости выходного напряжения ЦАП R2R с переключателями напряжения от числа и опорного напряжения.

3.Схема цифроаналогового преобразователя (ЦАП) R2R с переключателями тока.

4.Выведите формулу зависимости выходного напряжения ЦАП R2R с переключателями тока от числа и опорного напряжения.

5.Множительный ЦАП с линейной зависимостью выходного напряжения от числа.

6.Множительный ЦАП с обратной зависимостью выходного напряжения от числа.

7.Микросхема ЦАП R2R AD8512.

8.Микросхема множительного ЦАП AD8043.

9.Последовательное соединение множительных ЦАП.

10.Последовательная загрузка данных по SPI интерфейсу в ЦАП.

11.Максимальная частота сигнала дискретизации ЦАП.

12.Цифровой генератор синусоидального сигнала.

к лабораторной работе Lab413\_TR

1.Схема ждущего цифрового генератора треугольного импульса.

2.Как регулируется амплитуда треугольного импульса?

3.Алгоритм оценки амплитуды треугольного импульса.

4. Алгоритм оценки длительности треугольного импульса с неизвестной амплитудой.

5.Как выполняется задержка импульса при измерении длительности?

6.Согласование цифрового треугольного импульса с 12-и битным ЦАП DAC8512.

7.Как загружаются данные цифрового треугольного импульса в ЦАП?

8.Чему равна максимальная частота дискретизации цифрового треугольного импульса?

9.Параллельный аналого-цифровой преобразователь AD9220.

10. Чему равна максимальная частота дискретизации параллельного аналого-цифрового преобразователя AD9220.

к лабораторной работе Lab413\_PAR

1.Схема ждущего цифрового генератора параболического импульса.

2.Как регулируется амплитуда параболического импульса?

3.Алгоритм оценки амплитуды параболического импульса.

4. Алгоритм оценки длительности параболического импульса с неизвестной амплитудой.

5.Как выполняется задержка импульса при измерении длительности?

6.Согласование цифрового параболического импульса с 12-и битным ЦАП DAC8512.

7.Как загружаются данные цифрового параболического импульса в ЦАП?

8.Чему равна максимальная частота дискретизации цифрового параболического импульса?

9.Параллельный аналого-цифровой преобразователь AD9220.

10. Чему равна максимальная частота дискретизации параллельного аналого-цифрового преобразователя AD9220.

к лабораторной работе Lab413\_4PAR

1.Схема ждущего цифрового генератора кусочно-параболического импульса.

2.Как регулируется амплитуда кусочно-параболического импульса?

3.Алгоритм оценки амплитуды кусочно-параболического импульса.

4. Алгоритм оценки длительности кусочно-параболического импульса с неизвестной амплитудой.

5.Как выполняется задержка импульса при измерении длительности?

6.Согласование цифрового кусочно-параболического импульса с 12-и битным ЦАП DAC8512.

7.Как загружаются данные цифрового кусочно-параболического импульса в ЦАП?

8.Чему равна максимальная частота дискретизации цифрового кусочно-параболического импульса?

9.Параллельный аналого-цифровой преобразователь AD9220.

10. Чему равна максимальная частота дискретизации параллельного аналого-цифрового преобразователя AD9220.

к лабораторной работе Lab415\_FM

1.В чем особенность микросхемы энергонезависимой памяти FM25CL64?

2.Алгоритм чтения данных энергонезависимой памяти FM25CL64.

3.В чем особенность записи данных в энергонезависимой памяти FM25CL64?

4. Возможна ли блокировка записи в выделенную область памяти.

5.Чему равна емкость памяти FM25CL64?

6.Чему равно максимальное число циклов перезаписи данных?

7.Чему равно гарантированное минимальное время хранения данных?

8.По какому интерфейсу читаются и загружаются данные в энергонезависимую память FM25CL64?

9.Какое программное обеспечение используется в лабораторной работе при проверке чтения и загрузки данных энергонезависимую память FM25CL64?

10.Какие команды программы ComChange используются в лабораторной работе при проверке чтения и загрузки данных?

11.Как проводится моделирование работы спроектированного Вами модуля SPI\_FM25CL64?

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Экзамен по курсу ИЦУ проводятся в виде реализации и защиты индивидуального проекта.

Экзаменационные проекты ИЦУ

1.Счетчики

Часы с будильником. Регистры часов и будильника (00,...23; 00,...59) отображать модулем DISPLAY (SW[7]=0 – часы, SW[7]=1 – будильник). Устанавливать значения часов и минут кнопкой BTN0 данными от переключателей SW[6:0]. Кнопка BTN2 определяет установку часов или минут. Сигнал будильника отображать мигающим светодиодом. Кнопкой BTN3 сбрасывать сигнал будильника.

Секундомер с дискретностью 0.01 с. Счетчик долей секунд (00,...99) и секунд (00,...59) отображать модулем DISPLAY. Кнопка BTN0 – start/stop.

Таймер с дискретностью 1 с. Текущий остаток времени отображать модулем DISPLAY. Устанавливать минуты и секунды кнопкой BTN0 данными от переключателей SW[6:0] (SW[7]=0 – секунды, SW[7]=1 – минуты). Старт - кнопкой BTN3. Окончание установленного времени отображать светодиодом.

Календарь. Регистры месяца (00,...12) и числа (00,...28,29(30,31)) отображать модулем DISPLAY. Устанавливать месяц и число кнопкой BTN0 данными от переключателей SW[5:0]. Кнопка BTN2=1 установка месяца, BTN2=0 установка числа. SW[6] – длительность дня. SW[7] – високосный год

Кнопкой BTN3 плавное включение, а кнопкой BTN0 плавное выключение светодиода за 10 секунд с шагом 00.00%. Максимальная яркость 99,99%. Текущий относительный уровень яркости отображать в декадном виде на индикаторе макета.

## 2. Генераторы сигналов меандра

Составить схему генератора меандра с частотой  $F_m = X \cdot 1\text{Hz}$ ,  $9999 \geq X \geq 1$ . Число  $X$  задавать реверсивным счетчиком. Выход генератора - JA3 макета NEXYS-2. Проверить при помощи осциллографа работу генератора.

Составить схему измерителя частоты генератора меандра с дискретностью 1Hz. Вход измерителя - JB3 макета. Число  $X$  и результат измерения отображать в декадном виде на индикаторе макета NEXYS-2.

Составить схему генератора меандра с периодом  $T_m = X \cdot 1\mu\text{s}$ ,  $9999 \geq X \geq 1$ . Число  $X$  задавать реверсивным счетчиком. Выход генератора - JA3 макета NEXYS-2. Проверить при помощи осциллографа работу генератора.

Составить схему измерителя периода генератора меандра с дискретностью 1us. Вход измерителя - JB3 макета. Число  $X$  и результат измерения отображать в декадном виде на индикаторе макета NEXYS-2.

Составить схему генератора меандра с частотой  $F_m = X \cdot 1\text{kHz}$ ,  $1000 \geq X \geq 1$ . Число  $X$  задавать реверсивным счетчиком. Выход генератора - JA3 макета NEXYS-2. Проверить при помощи осциллографа работу генератора.

Составить схему измерителя периода генератора меандра с дискретностью 1us. Вход измерителя - JB3 макета. Число  $X$  и результат измерения  $NT_x$  отображать в декадном виде на индикаторе макета NEXYS-2. Дополнительно для проверки правильности работы генератора и измерителя периода при  $SW_7=1$  на индикатор макета выводить произведение  $X \cdot NT_x$ .

Составить схему генератора меандра с периодом  $T_m = X \cdot 1\mu\text{s}$ ,  $1000 \geq X \geq 1$ . Число  $X$  задавать реверсивным счетчиком. Выход генератора - JA3 макета NEXYS-2. Проверить при помощи осциллографа работу генератора.

Составить схему измерителя частоты генератора меандра с дискретностью 1kHz. Вход измерителя - JB3 макета. Число  $X$  и результат измерения  $NF_x$  отображать в декадном виде на индикаторе макета NEXYS-2. Дополнительно для проверки правильности работы генератора и измерителя периода при  $SW_7=1$  на индикатор макета выводить произведение  $X \cdot NF_x$ .

## 3. Арифметические операции

Создать калькулятор 3-х арифметических операций: сложение ( $ADD=A+B$ ), вычитание ( $SUB1=A-B$ ), ( $SUB2=B-A$ ), и умножение ( $MULT=A \cdot B$ ). Операнды  $A$  и  $B$  – положительные декадные числа  $0000 \leq A, B \leq 9999$ . Переключателями  $SW[4:3]$  задавать код операции. Операнды  $A$  и  $B$  и результаты арифметических операций отображать модулем DISPLAY. Переключателями  $SW[2:0]$  задавать адрес мультиплексора отображаемых данных. Знак результата вычитания отображать светодиодом. Способ установки цифр операндов выбрать самостоятельно.

Создать калькулятор арифметической операции деления ( $DIV=A/B$ ). Операнды  $A$  и  $B$  – положительные декадные числа ( $0000 \leq A, B \leq 9999$ ). Частное от деления должно содержать 8 декадных цифр (4 цифры целой части и 4 цифры дробной части). Операнды  $A$  и  $B$  и результаты деления отображать модулем DISPLAY. Переключателями  $SW[1:0]$  задавать адрес мультиплексора отображаемых данных. Способ установки цифр операндов выбрать самостоятельно.

Создать устройство умножения вектора  $X = X_{re} + jX_{im}$  на поворотный множитель  $R = \cos(x) - j\sin(x)$ ,  $Y = Y_{re} + jY_{im} = X \cdot R$  для  $x = \pi/4$ ,  $9999 \geq X_{re}, X_{im} \geq 1$ . Числа  $X_{re}$ ,  $X_{im}$  задавать декадными реверсивными счетчиками. Числа  $X_{re}, X_{im}, Y_{re}, Y_{im}$  и модули  $|X|, |Y|$  отображать на индикаторе макета. Переключателями  $SW[2:0]$  задавать адрес мультиплексора отображаемых данных.

Создать устройство умножения вектора  $X = X_{re} + jX_{im}$  на поворотный множитель  $R = \cos(x) - j\sin(x)$ ,  $Y = Y_{re} + jY_{im} = X \cdot R$  для  $x = \pi/6$ ,  $9999 \geq X_{re}, X_{im} \geq 1$ . Числа  $X_{re}, X_{im}$  задавать декадными реверсивными счетчиками. Числа  $X_{re}, X_{im}, Y_{re}, Y_{im}$  и модули  $|X|, |Y|$  отображать на индикаторе макета. Переключателями  $SW[2:0]$  задавать адрес мультиплексора отображаемых данных.

Создать вычислитель модуля комплексного числа  $X = A + jB$ . Операнды  $A$  и  $B$  - декадные положительные числа  $00.00 \leq A, B \leq 99.99$ . Результат вычисления модуля должен содержать 8 декадных цифр: 3 цифры целой части и 5 цифр дробной части. Операнды  $A, B$ , целую и дробную часть модуля  $X$  отображать семи сегментным индикатором макета NEXYS-2. Переключателями  $SW[1:0]$  задавать адрес мультиплексора отображаемых данных.

Создать устройство извлечения квадратного корня  $Y = \sqrt{X}$  из декадного числа  $X[1:-2] = X[1] X[0], X[-1] X[-2]$ , ( $99.99 \geq X \geq 00.01$ ).

Результат извлечения корня  $Y$  должен иметь 8 десятичных цифр,

$Y[0:-7]=Y[0], Y[-1] \ Y[-2] \ Y[-3] \ Y[-4] \ Y[-5] \ Y[-6] \ [-7], (x.xxx \ xxxx)$

X – реверсивный счетчик, X и Y отображать на индикаторе макета в декадном виде.

Создать устройство извлечения корня кубического  $Y=\sqrt[3]{X}$  из декадного числа,  
 $X[3:0]=X[3] \ X[2] \ X[1] \ X[0], (9999 \geq X \geq 0000)$ .

Результат извлечения корня Y должен иметь 8 десятичных цифр,

$Y[-1:-4]=Y[1] \ Y[0], Y[-1] \ Y[-2] \ Y[-3] \ Y[-4] \ Y[-5] \ Y[-6], (xx.xx \ xxxx)$

X – реверсивный счетчик, X и Y отображать на индикаторе макета в декадном виде.

#### 4. Задачи оценки среднеквадратического значения сигналов

Создать модуль генератора периодической последовательности треугольных импульсов с регулируемой амплитудой кнопками BTN3 (+) и BTN0 (-).

Создать устройство измерения амплитуды и среднеквадратического значения периодической последовательности треугольных импульсов. Амплитуду и среднеквадратическое значение отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2 в декадном виде. Сравнить с расчетом отношение среднеквадратического значения к амплитуде.

Создать модуль генератора периодической последовательности параболических импульсов с регулируемой амплитудой кнопками BTN3 (+) и BTN0 (-).

Создать устройство измерения амплитуды и среднеквадратического значения периодической последовательности параболических импульсов. Амплитуду и среднеквадратическое значение отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2 в декадном виде. Сравнить с расчетом отношение среднеквадратического значения к амплитуде.

Создать модуль генератора периодической последовательности кусочно параболических импульсов с регулируемой амплитудой кнопками BTN3 (+) и BTN0 (-).

Создать устройство измерения амплитуды и среднеквадратического значения периодической последовательности кусочно параболических импульсов. Амплитуду и среднеквадратическое значение отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2 в декадном виде. Сравнить с расчетом отношение среднеквадратического значения к амплитуде.

Создать модуль генератора модуля синусоидального сигнала с регулируемой амплитудой кнопками BTN3 (+) и BTN0 (-).

Создать устройство измерения амплитуды и среднеквадратического значения модуля синусоидального сигнала. Амплитуду и среднеквадратическое значение отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2 в декадном виде. Сравнить с расчетом отношение среднеквадратического значения к амплитуде.

#### 5. Генераторы пакетов импульсов напряжения

Составить схему генератора пакета из N ( $N_{max}=8$ ) синусоидальных импульсов с смещением 2V и увеличивающейся амплитудой  $U_i = i \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,...N$ . Число N задавать переключателями SW[3:0] макета. Длительность каждого импульса 1ms, число точек NP=100. Продemonстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из N ( $N_{max}=6$ ) синусоидальных импульсов с смещением 1.65V и увеличивающейся амплитудой  $U_i = i \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,...N$ . Число N задавать переключателями SW[2:0] макета. Длительность каждого импульса 100us, число точек NP=100. Продemonстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из N ( $N_{max}=8$ ) синусоидальных импульсов со смещением 2V и уменьшающейся амплитудой  $U_i = (N_{max} + 1 - i) \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,...N$ . Число N задавать переключателями SW[3:0] макета. Длительность каждого импульса 1ms, число точек NP=100. Продemonстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из N ( $N_{max}=6$ ) синусоидальных импульсов с смещением 1.65V и уменьшающейся амплитудой  $U_i = (N_{max} + 1 - i) \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,...N$ . Число N задавать переключателями SW[2:0] макета. Длительность каждого импульса 100us, число точек NP=100. Продemonстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из N ( $N_{max}=8$ ) треугольных импульсов с увеличивающейся амплитудой  $U_i = i \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,...N$ . Число N задавать переключателями SW[3:0] макета. Длительность каждого импульса 1ms, число точек NP=100. Продemonстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из  $N$  ( $N_{\max}=6$ ) треугольных импульсов с увеличивающейся амплитудой  $U_i = i \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,\dots,N$ . Число  $N$  задавать переключателями SW[2:0] макета. Длительность каждого импульса 100us, число точек NP=100. Продемонстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из  $N$  ( $N_{\max}=8$ ) треугольных импульсов с уменьшающейся амплитудой  $U_i = (N_{\max} + 1 - i) \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,\dots,N$ . Число  $N$  задавать переключателями SW[3:0] макета. Длительность каждого импульса 1ms, число точек NP=100. Продемонстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из  $N$  ( $N_{\max}=6$ ) треугольных импульсов с уменьшающейся амплитудой  $U_i = (N_{\max} + 1 - i) \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,\dots,N$ . Число  $N$  задавать переключателями SW[2:0] макета. Длительность каждого импульса 100us, число точек NP=100. Продемонстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из  $N$  ( $N_{\max}=8$ ) параболических импульсов с увеличивающейся амплитудой  $U_i = i \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,\dots,N$ . Число  $N$  задавать переключателями SW[3:0] макета. Длительность каждого импульса 1ms, число точек NP=100. Продемонстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из  $N$  ( $N_{\max}=6$ ) параболических импульсов с увеличивающейся амплитудой  $U_i = i \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,\dots,N$ . Число  $N$  задавать переключателями SW[2:0] макета. Длительность каждого импульса 100us, число точек NP=100. Продемонстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из  $N$  ( $N_{\max}=8$ ) кусочно-параболических импульсов с увеличивающейся амплитудой  $U_i = i \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,\dots,N$ . Число  $N$  задавать переключателями SW[3:0] макета. Длительность каждого импульса 1ms, число точек NP=100. Продемонстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из  $N$  ( $N_{\max}=6$ ) кусочно-параболических импульсов с увеличивающейся амплитудой  $U_i = i \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,\dots,N$ . Число  $N$  задавать переключателями SW[2:0] макета. Длительность каждого импульса 100us, число точек NP=100. Продемонстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из  $N$  ( $N_{\max}=8$ ) кусочно-параболических импульсов с уменьшающейся амплитудой  $U_i = (N_{\max} + 1 - i) \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,\dots,N$ . Число  $N$  задавать переключателями SW[3:0] макета. Длительность каждого импульса 1ms, число точек NP=100. Продемонстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

Составить схему генератора пакета из  $N$  ( $N_{\max}=6$ ) кусочно-параболических импульсов с уменьшающейся амплитудой  $U_i = (N_{\max} + 1 - i) \cdot 0.25V$ ,  $i=1,2,3,\dots,N$ . Число  $N$  задавать переключателями SW[2:0] макета. Длительность каждого импульса 100us, число точек NP=100. Продемонстрировать при помощи осциллографа работу генератора. Проверить соответствие осциллограммы сигнала заданным параметрам.

## 6. Генераторы периодических сигналов напряжения

Составить схему генератора импульсов напряжения меандра с  $U_x = X_{\text{dec}} \cdot 0.01V$  и  $U_y = Y_{\text{dec}} \cdot 0.01V$ . Декадные числа  $X_{\text{dec}}$  и  $Y_{\text{dec}}$  ( $0329 \geq X_{\text{dec}}, Y_{\text{dec}} \geq 0001$ , ) задавать реверсивными счетчиками и отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2. Адрес мультиплексора отображения чисел  $X_{\text{dec}}$  и  $Y_{\text{dec}}$  и напряжений  $U_x$ ,  $U_y$  задавать переключателями SW[7:6].

Период сигнала должен задаваться переключателями SW[5:0],  $T_m = SW[5:0] \cdot 200ns$ ,  $63 \geq SW[5:0] \geq 1$ . Сопоставить осциллограмму напряжения меандра с показаниями индикатора.

Составить схему генератора импульсов напряжения меандра с  $U_x = X_{\text{dec}} \cdot 0.01V$  и  $U_y = Y_{\text{dec}} \cdot 0.01V$ . Декадные числа  $X_{\text{dec}}$  и  $Y_{\text{dec}}$  ( $0329 \geq X_{\text{dec}}, Y_{\text{dec}} \geq 0001$ ) задавать реверсивными счетчиками и отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2. Адрес мультиплексора отображения чисел  $X_{\text{dec}}$ ,  $Y_{\text{dec}}$  и напряжений  $U_x$ ,  $U_y$  задавать переключателями SW[7:6].

Частота сигнала должна задаваться переключателями SW[5:0],  $F_m = 50MHz \cdot SW[5:0] / 6300$ ,  $63 \geq SW[5:0] \geq 1$ . Сопоставить осциллограмму напряжения меандра с показаниями индикатора.

Составить схему генератора импульсов напряжения меандра с  $U_x = X_{dec} * 1\text{mV}$  и  $U_y = Y_{dec} * 1\text{mV}$  ( $4000 > X_{dec}, Y_{dec} > 0001$ ). Числа  $X_{dec}$  и  $Y_{dec}$  задавать реверсивными счетчиками и отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2. Адрес мультиплексора отображения чисел  $X_{dec}$ ,  $Y_{dec}$  и напряжений  $U_x$ ,  $U_y$  задавать переключателями SW[7:6].

Период сигнала должен задаваться переключателями SW[5:0],  $T_m = SW[5:0] * 10\mu\text{s}$ ,  $63 \geq SW[5:0] \geq 1$ . Сопоставить осциллограмму напряжения меандра с показаниями индикатора.

Составить схему генератора импульсов напряжения меандра с  $U_x = X_{dec} * 1\text{mV}$  и  $U_y = Y_{dec} * 1\text{mV}$  ( $4000 > X_{dec}, Y_{dec} > 0000$ ). Числа  $X_{dec}$  и  $Y_{dec}$  задавать реверсивными счетчиками и отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2. Адрес мультиплексора отображения чисел  $X_{dec}$ ,  $Y_{dec}$  и напряжений  $U_x$ ,  $U_y$  задавать переключателями SW[7:6].

Частота сигнала меандра должна задаваться переключателями SW[5:0],  $F_m = 50\text{MHz} * SW[5:0] / 15750$ ,  $63 \geq SW[5:0] \geq 1$ . Сопоставить осциллограмму напряжения меандра с показаниями индикатора.

Создать генератор синусоидального напряжения со смещением  $U_s = 2.048\text{ В}$  и частотой  $F = X * dF$ , ( $dF = 1\text{Гц}$ ) и регулируемой амплитудой  $U_m = M * 1\text{mB}$ , ( $M = 10$ ). Число точек NP синусоиды ( $NP = 100$ ). Числа X и M задавать реверсивными счетчиками и отображать в декадном виде на семи сегментном индикаторе. Продемонстрировать работу генератора при помощи осциллографа. Сопоставить параметры осциллограммы сигнала с показаниями индикатора.

Создать генератор синусоидального напряжения со смещением  $U_s = 1.65\text{ В}$  и частотой  $F = X * dF$ , ( $dF = 100\text{Гц}$ ) и регулируемой амплитудой  $U_m = M * 10\text{mB}$ , ( $M = 10$ ). Число точек NP синусоиды  $N_p = 100$ . Числа X и M задавать реверсивными счетчиками и отображать в декадном виде на семи сегментном индикаторе. Продемонстрировать работу генератора при помощи осциллографа. Сопоставить параметры осциллограммы сигнала с показаниями индикатора.

Создать генератор пилообразного напряжения с максимальным значением  $U_x = X_{dec} * 0.01\text{V}$ , минимальным значением  $U_y = Y_{dec} * 0.01\text{V}$  и числом точек  $NP = 100$ . Декадные числа  $X_{dec}$  и  $Y_{dec}$  ( $0300 \geq X_{dec}, Y_{dec} \geq 0001$ ) задавать реверсивными счетчиками и отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2. Период дискретизации  $T_{se}$  задавать переключателями SW[5:0],  $T_{se} = SW[5:0] * 100\text{ns}$ . Сопоставить осциллограмму сигнала с показаниями индикатора.

Создать генератор пилообразного напряжения с максимальным значением  $U_x = X_{dec} * 0.001\text{V}$ , минимальным значением  $U_y = Y_{dec} * 0.001\text{V}$ , периодом дискретизации  $T_{se} = 10\text{ мкс}$ . Декадные числа  $X_{dec}$  и  $Y_{dec}$  ( $4000 \geq X_{dec}, Y_{dec} \geq 0001$ ) задавать реверсивными счетчиками и отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2. Частоту дискретизации  $F_{se}$  задавать переключателями SW[5:0],  $F_{se} = SW[5:0] * 10\text{kHz}$ . Сопоставить осциллограмму сигнала с показаниями индикатора.

## 7. Задачи измерения среднего напряжения сигналов

Создать модуль генератора периодической последовательности треугольных импульсов с регулируемой амплитудой кнопками BTN3 (+) и BTN0 (-) для ЦАП DAC8512.

Создать устройство измерения амплитуды и среднего напряжения периодической последовательности треугольных импульсов с выхода макета SDAC (DAC8512). Макет АЦП для измерения использовать по своему выбору: SADC (AD7893-5), PADC (AD9220) или преобразователь напряжения в частоту TLMTR\_UF (AD7740).

Амплитуду и среднее значение отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2 в декадном виде. Сопоставить показания индикатора с осциллограммой сигнала. Сравнить отношение оценок среднего напряжения к амплитуде с расчетом.

Создать модуль генератора периодической последовательности параболических импульсов с регулируемой амплитудой кнопками BTN3 (+) и BTN0 (-) для ЦАП DAC8512.

Создать устройство измерения амплитуды и среднего напряжения периодической последовательности параболических импульсов с выхода макета SDAC (DAC8512). Макет АЦП для измерения использовать по своему выбору: SADC (AD7893-5), PADC (AD9220) или преобразователь напряжения в частоту UF (AD7740).

Амплитуду и среднее значение отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2 в декадном виде. Сопоставить показания индикатора с осциллограммой сигнала. Сравнить отношение оценок среднего напряжения к амплитуде с расчетом.

Создать модуль генератора периодической последовательности кусочно- параболических импульсов с регулируемой амплитудой кнопками BTN3 (+) и BTN0 (-) для ЦАП DAC8512.

Создать устройство измерения амплитуды и среднего напряжения периодической последовательности кусочно- параболических импульсов с выхода макета SDAC (DAC8512). Макет АЦП для измерения использовать по своему выбору: SADC (AD7893-5), PADC (AD9220) или преобразователь напряжения в частоту TLMTR\_UF (AD7740).



Амплитуду и среднее значение отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2 в декадном виде. Сопоставить показания индикатора с осциллограммой сигнала. Сравнить отношение оценок среднего напряжения к амплитуде с расчетом.

Создать генератор модуля синусоидального сигнала с регулируемой амплитудой кнопками BTN3 (+) и BTN0 (-) для ЦАП DAC8512.

Создать устройство измерения амплитуды и среднего напряжения периодической последовательности модуля синусоидального сигнала с выхода макета SDAC (DAC8512). Макет АЦП для измерения использовать по своему выбору: SADC (AD7893-5), PADC (AD9220) или преобразователь напряжения в частоту TLMTR\_UF (AD7740).

Амплитуду и среднее значение отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2 в декадном виде. Сопоставить показания индикатора с осциллограммой сигнала. Сравнить отношение оценок среднего напряжения к амплитуде с расчетом.

Создать модуль генератора периодической последовательности прямоугольных импульсов с регулируемой амплитудой кнопками BTN3 (+) и BTN0 (-).

Создать устройство измерения амплитуды и среднеквадратического значения периодической последовательности прямоугольных импульсов. Амплитуду и среднеквадратическое значение отображать на семи сегментном индикаторе макета NEXYS-2 в декадном виде. Сравнить с расчетом отношение среднеквадратического значения к амплитуде.

### Критерии оценивания

Оценка "отлично (10)" выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично (9)" выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично (8)" выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка "хорошо (7)" выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка "хорошо (6)" выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка "хорошо (5)" выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка "удовлетворительно (4)" выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка "удовлетворительно (3)" выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка "неудовлетворительно (2)" выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка "неудовлетворительно (1)" выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

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

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Экзамен проводится путем проектирования, моделирования, реализации на ПЛИС и демонстрации работы заданного устройства.

## Фонд оценочных средств

11.1 Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме экзамена по лекционному курсу. Экзамен проводится в устной форме.

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачёта и экзамена в 7-ом семестре:

1.  $Y = \sqrt{X}$ ,  $9999 \geq X \geq 1$ . X – реверсивный счетчик, X и Y отображать на индикаторе макета в декадном виде.  
 $X[3:0] = X[3] X[2] X[1] X[0]$   
 $Y[1:-2] = Y[1] Y[0], Y[-1] Y[-2]$
2.  $Y = \sqrt[3]{X}$ ,  $999999 \geq X \geq 1$ . X – реверсивный счетчик, X и Y отображать на индикаторе макета в декадном виде.  
 $X[5:0] = X[5] X[4] X[3] X[2] X[1] X[0]$   
 $Y[1:-4] = Y[1] Y[0], Y[-1] Y[-2] Y[-3] Y[-4]$
3.  $Y = \sqrt{X}$ ,  $99.99 \geq X \geq 0.01$ . X – реверсивный счетчик, X и Y отображать на индикаторе макета в декадном виде.  
 $X[1:-2] = X[1] X[0], X[-1] X[-2]$   
 $Y[0:-3] = Y[0], Y[-1] Y[-2] Y[-3]$
4.  $Y = \sqrt{X}$ ,  $0.9999 \geq X \geq 0.0001$ . X – реверсивный счетчик, X и Y отображать на индикаторе макета в декадном виде.  
 $X[-1:-4] = 0, X[-1] X[-2] X[-3] X[-4]$   
 $Y[-1:-4] = 0, Y[-1], Y[-2] Y[-3] Y[-4]$
5.  $Y = \sqrt[3]{X}$ ,  $0.999999 \geq X \geq 0.000001$ . X – реверсивный счетчик, X и Y отображать на индикаторе макета в декадном виде.  
 $X[-1:-6] = 0, X[-1] X[-2] X[-3] X[-4] X[-5] X[-6]$   
 $Y[-1:-6] = 0, Y[-1], Y[-2] Y[-3] Y[-4] Y[-5] Y[-6]$
6.  $Y = \sqrt{X}$ ,  $9999 \geq X \geq 1$ . X и Y задавать и отображать в декадном виде на экране монитора при помощи модуля и программы ComChange.  
 $X[3:0] = X[3] X[2] X[1] X[0]$   
 $Y[1:-2] = Y[1] Y[0], Y[-1] Y[-2]$
7.  $Y = \sqrt[3]{X}$ ,  $999999 \geq X \geq 1$ . X и Y задавать и отображать в декадном виде на экране монитора при помощи модуля и программы ComChange.  
 $X[5:0] = X[5] X[4] X[3] X[2] X[1] X[0]$   
 $Y[1:-4] = Y[1] Y[0], Y[-1] Y[-2] Y[-3] Y[-4]$
8.  $Y = \sqrt{X}$ ,  $99.99 \geq X \geq 0.01$ . X и Y задавать и отображать в декадном виде на экране монитора при помощи модуля и программы ComChange.  
 $X[1:-2] = X[1] X[0], X[-1] X[-2]$   
 $Y[0:-3] = Y[0], Y[-1] Y[-2] Y[-3]$
9.  $Y = \sqrt{X}$ ,  $0.9999 \geq X \geq 0.0001$ . X и Y задавать и отображать в декадном виде на экране монитора при помощи модуля и программы ComChange.

$$X[-1:-4] = 0, X[-1] X[-2] X[-3] X[-4]$$

$$Y[-1:-4] = 0, Y[-1], Y[-2] Y[-3] Y[-4]$$

$Y = \sqrt[3]{X}$ ,  $0.999999 \geq X \geq 0.000001$ . X и Y задавать и отображать в декадном виде на экране монитора при помощи модуля и программы ComChange.

$$X[-1:-6] = 0, X[-1] X[-2] X[-3] X[-4] X[-5] X[-6]$$

$$Y[-1:-6] = 0, Y[-1], Y[-2] Y[-3] Y[-4] Y[-5] Y[-6]$$

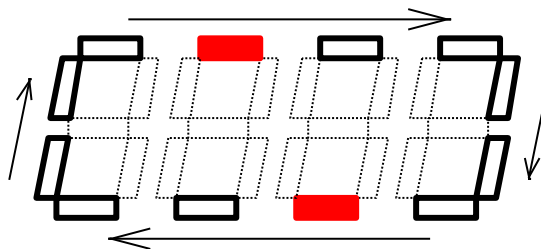
10. Регулятор яркости светодиода. Задавать яркость переключателями SW[7:0] с шагом 1%. Максимальная яркость при SW[7:0]=8'b10011001, минимальная яркость при SW[7:0]=8'b00000001. Уровень яркости отображать на индикаторе в %.
11. Регулятор яркости светодиода с шагом 1% от 1% до 99%. Задавать яркость и отображать уровень яркости помощи модуля и программы ComChange.
12. Кнопкой BTN3 плавное включение, а кнопкой BTN0 плавное выключение светодиода 10 секунд с шагом 1%. Максимальная яркость 99%. Текущий относительный уровень яркости отображать на индикаторе макета.
13. Плавное включение и выключение светодиода переключателем SW[7] за 10 секунд с шагом 1%. Максимальная яркость 99%. Текущий относительный уровень яркости отображать на индикаторе макета.
14. пилообразное периодическое управление яркостью двух светодиодов:
  - 5 секунд яркость 1-го светодиода увеличивается с шагом 1% от 1% до 99%, а 2-го светодиода уменьшается с шагом 1% от 99% до 1%
  - Следующие 5 секунд все повторяется в обратном порядке.
15.  $Z = \sqrt{X^2 + Y^2}$ ,  $9999 \geq X \geq 1$ ,  $9999 \geq Y \geq 1$ , X и Y – реверсивные счетчики, X и Y и Z отображать на индикаторе макета в декадном виде.  
 $Z[3:0] = Z[3] Z[2] Z[1] Z[0]$
16.  $Z = \sqrt{X^2 + Y^2}$ ,  $99.99 \geq X \geq 0.01$ ,  $99.99 \geq Y \geq 0.01$ , X и Y – реверсивные счетчики, X и Y и Z отображать на индикаторе макета в декадном виде.  
 $Z[1:-2] = Z[1] Z[0], Z[-1] Z[-2]$
17.  $Z = \sqrt{X^2 + Y^2}$ ,  $0.9999 \geq X \geq 0.0001$ ,  $0.9999 \leq Y \leq 0.0001$ , X и Y – реверсивные счетчики, X и Y и Z отображать на индикаторе макета в декадном виде.  
 $Z[-1:-4] = 0, Z[-1] Z[-2] Z[-3] Z[-4]$
18.  $Z = \sqrt{X^2 + Y^2}$ ,  $9999 \geq X \geq 1$ ,  $9999 \geq Y \geq 1$ , X и Y задавать и отображать в декадном виде на экране монитора при помощи модуля и программы ComChange.  
 $Z[3:0] = Z[3] Z[2] Z[1] Z[0]$
19.  $Z = \sqrt{X^2 + Y^2}$ ,  $99.99 \geq X \geq 0.01$ ,  $99.99 \geq Y \geq 0.01$ , X и Y задавать и отображать в декадном виде на экране монитора при помощи модуля и программы ComChange.  
 $Z[1:-2] = Z[1] Z[0], Z[-1] Z[-2]$
20.  $Z = \sqrt{X^2 + Y^2}$ ,  $0.9999 \geq X \geq 0.0001$ ,  $0.9999 \geq Y \geq 0.0001$ , X и Y задавать и отображать в декадном виде на экране монитора при помощи модуля и программы ComChange.  
 $Z[-1:-4] = 0, Z[-1] Z[-2] Z[-3] Z[-4]$
21. Составить схему генератора меандра с частотой  $F_m = X \cdot 1\text{Hz}$ ,  $9999 \geq X \geq 1$ . Число X задавать реверсивным счетчиком. Выход генератора - JA3 макета. Проверить при

- помощи осциллографа работу генератора. Составить схему измерителя частоты генератора меандра. Вход измерителя - JB3 макета. Запуск измерителя - BTN0. Число X и результат измерения отображать в декадном виде на индикаторе макета NEXYS2.
22. Составить схему генератора меандра с частотой  $F_m = X \cdot 1\text{kHz}$ ,  $999 \geq X \geq 1$ . Число X задавать реверсивным счетчиком. Выход генератора - JA3 макета. Проверить при помощи осциллографа работу генератора. Составить схему измерителя частоты генератора меандра. Вход измерителя - JB3 макета. Запуск измерителя - BTN0. Число X и результат измерения отображать в декадном виде на индикаторе макета NEXYS2. Составить схему умножителя комплексного вектора  $Z = X_{re} + jX_{im}$  на поворотный множитель  $R = \cos(x) + j\sin(x)$  для  $x = \frac{\pi}{4}$ ,  $9999 \geq X_{re}, X_{im} \geq 1$ . Числа  $X_{re}, X_{im}$  задавать реверсивными счетчиками.  $X_{re}, X_{im}$  и Z отображать на индикаторе макета.
23. Составить схему умножителя комплексного вектора  $Z = X_{re} + jX_{im}$  на поворотный множитель  $R = \cos(x) + j\sin(x)$  для  $x = \frac{3\pi}{4}$ ,  $9999 \geq X_{re}, X_{im} \geq 1$ . Числа  $X_{re}, X_{im}$  задавать и отображать программой ComChange.
24. Составить схему генератора меандра с частотой  $F_m = X \cdot 10\text{kHz}$ ,  $999 \geq X \geq 1$ . Выход генератора - JC1 макета. Проверить при помощи осциллографа работу генератора. Составить схему измерителя частоты генератора меандра. Вход измерителя - JD1 макета. Запуск измерителя - BTN0. Число X и результат измерения задавать и отображать в декадном виде при помощи модуля и программы ComChange.
25. Составить схему генератора меандра с периодом  $T_m = X \cdot 1\text{ms}$ ,  $999 \geq X \geq 1$ . Число X задавать реверсивным счетчиком. Выход генератора - JA2 макета. Составить схему измерителя периода генератора меандра. Вход измерителя - JB2 макета. Запуск измерителя BTN0. Число X и результат измерения отображать в декадном виде на индикаторе макета NEXYS2.
26. Составить схему генератора меандра с периодом  $T_m = X \cdot 10\text{ms}$ ,  $999 \geq X \geq 1$ . Выход генератора - JA3 макета. Проверить при помощи осциллографа работу генератора. Составить схему измерителя периода меандра. Вход измерителя - JB3 макета. Запуск измерителя - BTN0. Число X и результат измерения задавать и отображать в декадном виде на экране монитора при помощи модуля и программы ComChange.
27. Составить схему генератора импульсов с длительностью 1 мкс и с квадратичной зависимостью частоты  $F_p$  от числа X,  $F_p = X^2 \cdot 10\text{Hz}$ ,  $(1 \leq X \leq 255)$ . Регистр числа X должен загружаться от ПК и считываться на ПК через COM порт при помощи программы ComChange. Выход генератора - JB1 макета. Проверить при помощи осциллографа работу генератора. Составить схему измерителя частоты импульсов. Вход измерителя - JC1 макета. Запуск измерителя - BTN0. Число, соответствующее измеренному значению частоты должно по команде чтения выводиться на ПК через COM порт.
28. Периодическая пилообразная последовательность включения светодиодов. Длительность включения каждого светодиода 0.1 сек.

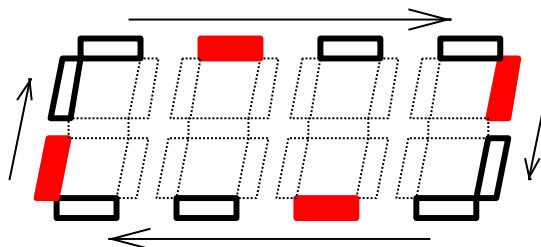
LED0	1														1			
LED1		1												1		1		
LED2			1										1				1	
LED3				1								1						1
LED4					1						1							

LED5						1				1							
LED6							1		1								
LED7								1									

29. Составить схему генератора импульсов с длительностью 10 мкс и с квадратичной зависимостью частоты  $F_p$  от числа  $X$ ,  $F_p = X^2 \cdot 10 \text{ Hz}$ , ( $1 \leq X \leq 255$ ). Число  $X$  задавать переключателями макета и отображать при помощи светодиодов. Выход генератора - JB2 макета. Проверить при помощи осциллографа работу генератора. Составить схему измерителя частоты импульсов. Вход измерителя - JC2 макета. Запуск измерителя- BTN0. Число, соответствующее измеренному значению частоты отображать на индикаторе макета.
30. Составить схему генератора импульсов с длительностью 1 мкс и с квадратичной зависимостью периода  $T_p$  от числа  $X$ ,  $T_p = X^2 \cdot 1 \text{ мкс}$ , ( $1 \leq X \leq 255$ ). Регистр числа  $X$  должен загружаться от ПК и считываться на ПК через COM порт при помощи программы ComChange. Выход генератора - JB3 макета. Проверить при помощи осциллографа работу генератора. Составить схему измерителя периода импульсов. Вход измерителя - JC3 макета. Запуск измерителя BTN0. Число, соответствующее измеренному значению периода должно по команде чтения выводиться на ПК через COM порт.
31. Составить схему генератора импульсов с длительностью 10 мкс и с квадратичной зависимостью периода  $T_p$  от числа  $X$ ,  $T_p = X^2 \cdot 10 \text{ мкс}$ , ( $1 \leq X \leq 255$ ). Число  $X$  задавать переключателями макета и отображать при помощи светодиодов. Выход генератора - JB2 макета. Проверить при помощи осциллографа работу генератора. Составить схему измерителя периода импульсов. Вход измерителя - JC2 макета. Запуск измерителя- BTN0. Число, соответствующее измеренному значению периода отображать на индикаторе макета.
32. Циклическое включение одного сегмента семи сегментного светодиодного индикатора. Время свечения сегмента 0.1с.
33. Циклическое включение двух сегментов семи сегментного светодиодного индикатора. Время свечения каждого сегмента 0.1с.



34. Циклическое включение четырех сегментов семи сегментного светодиодного индикатора. Время свечения каждого сегмента 0.1с.



## 11.2 Критерии оценивания

Оценка	Баллы	Критерии
отлично	10	Выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.
	9	Выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.
	8	Выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.
хорошо	7	Выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.
	6	Выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.
	5	Выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.
удовлетворительно	4	Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.
	3	Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему

		ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.
неудовлетворительно	2	Выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.
	1	Выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

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

Во время проведения диф.зачёта и экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Диф.зачёт и экзамен проводятся путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.