МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Цифровая электроника Б3.В.2

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика
Профиль подготовки: Радиофизические измерения
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский

Автор(ы):

Гумеров Р.И.

Рецензент(ы):

Насыров И.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 201__г
Учебно-методическая комиссия Института физики:
Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__г

Регистрационный No 6106914

Казань
2014

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) главный инженер проекта Гумеров Р.И. НИЛ астрофотометрии и звездных атмосфер Кафедра астрономии и космической геодезии , Rustem.Gumerov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) Цифровая электроника

является формирование у студентов представления о цифровой электронике, основах цифровой схемотехники, принципах работы и проектирования цифровых устройств. В курсе рассматриваются основные методы описания и синтеза логических схем, современные средства разработки цифровых устройств.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.В.2 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к вариативной части. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Курс предназначен для студентов 2 курса, 4 семестр

Б3.В.2 профессиональный цикл

Курс базируется на знании студентами основ радиоэлектроники, твердотельной электроники и служит основой для последующего изучения микропроцессорных систем. Она формирует профессиональные компетенции, необходимые для прохождения учебных и производственных практик, освоения модулей профессионального цикла.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основы цифровой электроники; назначение, области применения и методы проектирования цифровых устройств, о современных средствах разработки цифровых устройств, об архитектуре и структуре программируемых логических приборов - ПЛИС.

2. должен уметь:

на основе современных программных и аппаратных средств разработки создавать цифровые устройства различного назначения.

3. должен владеть:

современными средствами разработки цифровых устройств на основе ПЛИС.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к созданию цифровых устройств на основе ПЛИС.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 6 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение Булева алгебра. Основные логические функции. Составление и минимизация логических функций. Таблицы Карно. Производные основных логических функций.	6	1-2	4	4	0	устный опрос
2.	Тема 2. Элементные базисы Реализация базовых логических элементов. ТТЛ, ТТЛШ, n-МОП, КМОП, ЭСЛ, И2Л элементы.	6	3	2	2	0	устный опрос
3.	Тема 3. Комбинационные схемы Шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры, сумматоры, сдвигатели, дискриминаторы, множительные устройства. Комбинационные схемы на ПЛМ и ПЗУ.	6	4-5	4	0	4	коллоквиум
4.	Тема 4. Последовательностные схемы Триггеры, регистры, сдвиговые регистры, счетчики, (асинхронные, синхронные, реверсивные).	6	6-7	4	0	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Импульсные схемы Мультивибраторы, схемы формирования и синхронизации цифрового сигнала (генераторы, одновибраторы, триггеры Шмидта и тд.).	6	8	2	4	4	устный опрос
6.	Тема 6. Передача цифровых сигналов Помехоустойчивые коды и устройства.	6	9	2	2	0	устный опрос
7.	Тема 7. Цифровое представление аналогового сигнала Основные принципы аналого-цифрового преобразования. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи. Параллельные АЦП, поразрядного уравновешивания, компенсационные, двойного интегрирования. Следящие и сигма-дельта преобразователи. Погрешности АЦП.	6	10-12	6	2	4	коллоквиум
8.	Тема 8. Цифровые фильтры Теоретические основы. БИХ и КИХ - фильтры, цифровые фильтры первого и второго порядка.	6	13-14	4	4	0	устный опрос
9.	Тема 9. Реализация цифровых фильтров Принципы проектирования и схемная реализация цифровых фильтров.	6	15	2	0	0	устный опрос

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
10.	Тема 10. Современные средства реализации цифровых устройств Программируемые логические структуры (PLD). Разработка цифровых устройств на основе PLD; языки VHDL и Verilog	6	16-18	6	0	2	коллоквиум
.	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	зачет
	Итого			36	18	18	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение Булева алгебра. Основные логические функции. Составление и минимизация логических функций. Таблицы Карно. Производные основных логических функций.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Предмет цифровой электроники. Методы анализа и синтеза элементов цифровой электроники. Булева алгебра: основные теоремы и правила.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Базовые логические функции, таблицы (истинности) переключений. Составление и минимизация логических функций. Таблицы Карно. Производные основных логических функций. Обозначения логических элементов.

Тема 2. Элементные базисы Реализация базовых логических элементов. ТТЛ, ТТЛШ, n-МОП, КМОП, ЭСЛ, И2Л элементы.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Схемная реализация базовых элементов цифровой электроники. ТТЛ, ТТЛШ :схемы, электрические и временных характеристики, применение. n-МОП и КМОП схемы, электрические и временные характеристики, применение. Интегральная инжекционная логика (И2Л) - схемы, электрические и временные характеристики, применение.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Быстродействующие элементы цифровой электроники на токовых ключах - эмиттерно связанная логика (ЭСЛ): схемы, электрические и временные характеристики, применение.

Тема 3. Комбинационные схемы Шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры, сумматоры, сдвигатели, дискриминаторы, множительные устройства. Комбинационные схемы на ПЛМ и ПЗУ.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Комбинационные схемы. Основные устройства и схемы: - шифраторы и дешифраторы - назначение, виды, схемы, методы построения и применение. - мультиплексоры и демультиплексоры - назначение, виды, схемы, методы построения и применение. - сумматоры - назначение, виды, схемы, методы построения и применение. - асинхронное множительное устройство - назначение, схема, особенности построения и применения.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Комбинационные схемы на ПЛМ и ПЗУ; особенности применения

Тема 4. Последовательностные схемы Триггеры, регистры, сдвиговые регистры, счетчики, (асинхронные, синхронные, реверсивные).

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Последовательностные схемы: - триггеры: назначение, виды, схемы, методы построения и применение. - регистры, сдвиговые регистры: назначение, виды, схемы, методы построения и применение. - счетчики - асинхронные, синхронные, реверсивные: назначение, виды, схемы, методы построения и применение.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Последовательностные схемы: - триггеры: назначение, виды, схемы, методы построения и применение. - регистры, сдвиговые регистры: назначение, виды, схемы, методы построения и применение. - счетчики - асинхронные, синхронные, реверсивные: назначение, виды, схемы, методы построения и применение.

Тема 5. Импульсные схемы Мультивибраторы, схемы формирования и синхронизации цифрового сигнала (генераторы, одновибраторы, триггеры Шмидта и тд.).

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Импульсные устройства: Мультивибраторы, схемы формирования и синхронизации цифрового сигнала (генераторы, одновибраторы, триггеры Шмидта: назначение, виды, схемы, методы построения и применение.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Мультивибраторы, схемы формирования и синхронизации цифрового сигнала (генераторы, одновибраторы, триггеры Шмидта: назначение, виды, схемы, методы построения и применение.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Мультивибраторы, схемы формирования и синхронизации цифрового сигнала.

Тема 6. Передача цифровых сигналов Помехоустойчивые коды и устройства.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Передача цифровых сигналов Помехоустойчивые коды и устройства. Код Грея, схемы кодирования и декодирования. Линии передачи цифровых сигналов, передатчики и приемники с линии.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Схемы кодирования и декодирования.

Тема 7. Цифровое представление аналогового сигнала Основные принципы аналого-цифрового преобразования. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи. Параллельные АЦП, поразрядного уравновешивания, компенсационные, двойного интегрирования. Следящие и сигма-дельта преобразователи. Погрешности АЦП.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Сигнал и его представление в цифровой форме. Дискретизация сигнала (выборка), методы и схемы. Квантование сигнала. Основные принципы аналого-цифрового преобразования. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи. АЦП двойного интегрирования. Следящие и сигма-дельта аналого-цифровые преобразователи : назначение, виды, схемы, методы построения и применение. Погрешности АЦП.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Параллельные АЦП - назначение, виды, схемы, методы построения и применение. АЦП поразрядного уравновешивания: назначение, виды, схемы, методы построения и применение. Компенсационные АЦП: назначение, виды, схемы.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Методы построения и применения АЦП.

Тема 8. Цифровые фильтры Теоретические основы. БИХ и КИХ - фильтры, цифровые фильтры первого и второго порядка.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Цифровые фильтры. Линейные разностные уравнения и цифровые фильтры на их основе. БИХ и КИХ - фильтры; фильтры первого и второго порядка. Характеристики цифровых фильтров: АЧХ, ФЧХ (линейность), ГВЗ.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Расчет БИХ и КИХ фильтров.

Тема 9. Реализация цифровых фильтров Принципы проектирования и схемная реализация цифровых фильтров.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Реализация цифровых фильтров Принципы проектирования и схемная реализация цифровых фильтров.

Тема 10. Современные средства реализации цифровых устройств Программируемые логические структуры (PLD). Разработка цифровых устройств на основе PLD; языки VHDL и Verilog

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Современные средства реализации цифровых устройств Программируемые логические структуры (PLD).

лабораторная работа (2 часа(ов)):

ПЛИС "ALTERA", среда разработки "QUARTUSII". Разработка цифровых устройств на основе PLD; языки VHDL и Verilog

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение Булева алгебра. Основные логические функции. Составление и минимизация логических функций. Таблицы Карно. Производные основных логических функций.	6	1-2	подготовка к устному опросу Предмет цифровой электроники. Методы анализа и синтеза элементов цифров	4	устный опрос
2.	Тема 2. Элементные базисы Реализация базовых логических элементов. ТТЛ, ТТЛШ, n-МОП, КМОП, ЭСЛ, И2Л элементы.	6	3	подготовка к устному опросу Реализация базовых логических элементов. ТТЛ, ТТЛШ, n-МОП, КМОП, ЭСЛ, И	4	устный опрос
3.	Тема 3. Комбинационные схемы Шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры, сумматоры, сдвигатели, дискриминаторы, множительные устройства. Комбинационные схемы на ПЛМ и ПЗУ.	6	4-5	подготовка к коллоквиуму Синтез схем шифратора приоритетов (8->3), дешифраторов: составление таблиц	8	коллоквиум

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Последовательностные схемы Триггеры, регистры, сдвиговые регистры, счетчики, (асинхронные, синхронные, реверсивные).	6	6-7	подготовка к устному опросу Построение распределителей импульсов с использованием регистров, счетчи	8	устный опрос
5.	Тема 5. Импульсные схемы Мультивибраторы, схемы формирования и синхронизации цифрового сигнала (генераторы, одновибраторы, триггеры Шмидта и тд.).	6	8	подготовка к устному опросу Мультивибраторы, схемы формирования и синхронизации цифрового сигнала (	8	устный опрос
6.	Тема 6. Передача цифровых сигналов Помехоустойчивые коды и устройства.	6	9	подготовка к устному опросу Помехоустойчивые коды и устройства. Задержки распространения сигналов,	4	устный опрос
7.	Тема 7. Цифровое представление аналогового сигнала Основные принципы аналого-цифрового преобразования. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи. Параллельные АЦП, поразрядного уравновешивания, компенсационные, двойного интегрирования. Следящие и сигма-дельта преобразователи. Погрешности АЦП.	6	10-12	подготовка к коллоквиуму Основные принципы аналого-цифрового преобразования. цифро-аналоговые и а	10	коллоквиум

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
8.	Тема 8. Цифровые фильтры Теоретические основы. БИХ и КИХ - фильтры, цифровые фильтры первого и второго порядка.	6	13-14	подготовка к устному опросу Теоретические основы. Линейные разностные уравнения, рекурсивные и нере	10	устный опрос
9.	Тема 9. Реализация цифровых фильтров Принципы проектирования и схемная реализация цифровых фильтров.	6	15	подготовка к устному опросу Принципы проектирования и схемная реализация цифровых фильтров	6	устный опрос
10.	Тема 10. Современные средства реализации цифровых устройств Программируемые логические структуры (PLD). Разработка цифровых устройств на основе PLD; языки VHDL и Verilog	6	16-18	подготовка к коллоквиуму Программируемые логические структуры (PLD). Разработка цифровых устройств	10	коллоквиум
	Итого				72	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются такие интерактивные формы обучения как обсуждение теоретических вопросов, подготовка и представление докладов, проведение блиц-опросов, применение роли экспертов для студентов.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Введение Булева алгебра. Основные логические функции. Составление и минимизация логических функций. Таблицы Карно. Производные основных логических функций.

устный опрос , примерные вопросы:

Проверка знания основных законов и правил Булевой алгебры. Составление логических функций и их минимизация на примерах

Тема 2. Элементные базисы Реализация базовых логических элементов. ТТЛ, ТТЛШ, n-МОП, КМОП, ЭСЛ, И2Л элементы.

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по электрическим и временным параметрам логических элементов реализованных на базисах ТТЛ, ТТЛШ, n-МОП, КМОП, ЭСЛ, И2Л .

Тема 3. Комбинационные схемы Шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры, сумматоры, сдвигатели, дискриминаторы, множительные устройства. Комбинационные схемы на ПЛМ и ПЗУ.

коллоквиум , примерные вопросы:

Вопросы по построению и применению комбинационных схем - шифраторы, дешифраторы, мультиплексоры, сумматоры, сдвигатели, дискриминаторы, множительные устройства; комбинационные схемы на ПЛМ и ПЗУ.

Тема 4. Последовательностные схемы Триггеры, регистры, сдвиговые регистры, счетчики, (асинхронные, синхронные, реверсивные).

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по применению и схемам триггеров, регистров, счетчиков, способам ввода и вывода информации.

Тема 5. Импульсные схемы Мультивибраторы, схемы формирования и синхронизации цифрового сигнала (генераторы, одновибраторы, триггеры Шмидта и тд.).

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по особенностям схемных решений и применения импульсных схем.

Тема 6. Передача цифровых сигналов Помехоустойчивые коды и устройства.

устный опрос , примерные вопросы:

Описать методы и устройства передачи цифровых сигналов и их защиту от помех.

Тема 7. Цифровое представление аналогового сигнала Основные принципы аналого-цифрового преобразования. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи. Параллельные АЦП, поразрядного уравновешивания, компенсационные, двойного интегрирования. Следящие и сигма-дельта преобразователи. Погрешности АЦП.

коллоквиум , примерные вопросы:

Методы и устройства преобразования сигналов: ЦАП и АЦП; характеристики и области применения.

Тема 8. Цифровые фильтры Теоретические основы. БИХ и КИХ - фильтры, цифровые фильтры первого и второго порядка.

устный опрос , примерные вопросы:

Линейные дискретные фильтры, z-преобразование, анализ и синтез БИХ и КИХ фильтров, их частотные характеристики.

Тема 9. Реализация цифровых фильтров Принципы проектирования и схемная реализация цифровых фильтров.

устный опрос , примерные вопросы:

Типы фильтров, методы реализации. Функциональные схемы.

Тема 10. Современные средства реализации цифровых устройств Программируемые логические структуры (PLD). Разработка цифровых устройств на основе PLD; языки VHDL и Verilog

коллоквиум , примерные вопросы:

Что такое ПЛИС, средства разработки, примеры на языке Verilog

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

ВОПРОСЫ К КОЛЛОКВИУМУ И ЗАЧЕТУ

1. Булева алгебра. Основные логические функции.
2. Составление и минимизация логических функций. Таблицы Карно.
3. Производные основных логических функций.
4. Реализация базовых логических элементов. ТТЛ, ТТЛШ, n-МОП, КМОП, ЭСЛ, И2Л элементы.

5. Комбинационные схемы. Шифраторы, мультиплексоры. (моделирование в Workbench)
6. Сумматоры, сдвигатели, умножители (моделирование в Workbench).
7. Комбинационные схемы на ПЛМ и ПЗУ.
8. Схемы последовательностного типа. Триггеры, счетчики. Регистры. (моделирование в Workbench)
9. Схемы формирования и синхронизации цифрового сигнала (генераторы,одновибраторы, триггеры Шмитта и тд.) (моделирование в Workbench).
10. Передача цифровых сигналов. Защита данных.
11. Цифровое представление аналогового сигнала. Цифро- аналоговые преобразователи.
12. Основные принципы аналого-цифрового преобразования. Погрешности АЦП.
13. Параллельные АЦП, поразрядного уравновешивания, компенсационные, двойного интегрирования.
14. Следящие АЦП, сигма-дельта преобразователи.
15. Цифровые фильтры, теоретические основы.
16. БИХ, КИХ фильтры, цифровые фильтры первого и второго порядка.
17. Принципы проектирования и схемная реализация цифровых фильтров.
18. Программируемые логические структуры (PLD).
19. Разработка цифровых устройств на PLD. Язык VHDL.
20. Разработка и моделирование работы цифровых устройств с помощью пакета Workbench.

7.1. Основная литература:

1. Нарышкин А. К. Цифровые устройства и микропроцессоры: учебное пособие для студентов высших учебных заведений радиотехнических специальностей М: Академия, 2006.-317с.

2. Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; Под ред. О.П. Глудкина Аналоговая и цифровая электроника: полный курс: Учеб. для студентов вузов.-М.: Горячая линия - Телеком, 2003.-768с.

3. Проектирование аналоговых и цифровых устройств: Учебное пособие / В.С. Титов, В.И. Иванов, М.В. Бобырь. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 143 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-16-009101-3, 500 экз. http://znanium.com/bookread.php?book=422720

7.2. Дополнительная литература:

1. Партала О.Н. Цифровая электроника.?СПб: Наука и техника, 2001.-219с.

2. Хоровиц П. Искусство схемотехники:В 3т. Т.2 / П.Хоровиц; М.: Мир, 1993.- 371с.

3. Соловьев В. В. Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем -М.: Горячая линия Телеком, 2001.- 636с.

7.3. Интернет-ресурсы:

Википедия - http://en.wikibooks.org/wiki/Digital_Electronics

Википедия - www.wikipedia.org/wiki/Цифровые_технологии

Фирма Altera - www.altera.com

фирма Atmel - www.atmel.com

фирма Xilinx - www.xiliinx.com

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Цифровая электроника" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

- стационарное и переносное демонстрационное оборудование (мультимедийные проекторы, ноутбуки);
- лабораторного оборудования на основе Cyclone II FPGA Starter Development Kit плюс ПО разработки MAXPlusII или Quartus;
- LCD panel (ср-ва отображения) для заданий, связанных с отображением информации (символьной и графической)
- 5.0 megapixel digital camera upgrade - для заданий по управлению считыванием кадра и его обработки.
- компьютеры для работы в среде MAXPlusII или Quartus.
- осциллографы цифровые GDS-2204, двухлучевые, с полосой до 100 Мгц, предназначены для контроля цифровых сигналов на модулях Cyclone.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Радиофизические измерения .

Автор(ы):
Гумеров Р.И. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Насыров И.А. _____
"__" _____ 201 __ г.