

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. Тюрин В.А.

  
КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ДЕПАРТАМЕНТ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
(ДО КФУ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

**Программа дисциплины**  
Микроэлектроника БЗ.ДВ.12

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика

Профиль подготовки: Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Насыров И.А. , Тюрин В.А.

**Рецензент(ы):**

Гумеров Р.И.

**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 615918

Казань  
2018

## 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) доцент, к.н. (доцент) Насыров И.А. Кафедра радиоэлектроники Отделение радиофизики и информационных систем , Igor.Nasyrov@kpfu.ru ; доцент, к.н. (доцент) Тюрин В.А. Кафедра радиофизики Отделение радиофизики и информационных систем , Vladimir.Tiourin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Задачами курса является изучение методов анализа и расчета линейных и нелинейных электрических цепей при различных входных воздействиях; физических принципов действия, характеристик, моделей и особенностей использования в электронных цепях основных типов активных приборов; методов расчета переходных процессов в электрических цепях; принципов построения и основ анализа аналоговых и

цифровых электронных схем и функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры, а также получение базовых знаний, которые необходимы для последующей профессиональной деятельности.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " БЗ.ДВ.12 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 5, 6 семестры.

Целью курса является изучение принципов построения и функционирования цифровых и аналоговых устройств. Приведены способы математического описания их работы, а также основы анализа и синтеза радиоэлектронных устройств с заданными техническими характеристиками.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-10 (общекультурные компетенции)	способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ОК-14 (общекультурные компетенции)	способностью к овладению базовыми знаниями в области информатики и современных информационных технологий, программными средствами и навыками работы в компьютерных сетях, использованию баз данных и ресурсов Интернет
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Основные принципы построения современных микроэлектронных устройств.

2. должен уметь:

Проектировать цифровые устройства, пользуясь современными методами описания подобных устройств.

3. должен владеть:

Навыками работы в системах графического программирования.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Самостоятельно проектировать и реализовывать радиотехнические устройства на основе микроэлектронных компонентов.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) 216 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 5 семестре; экзамен 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. Цифровая электроника. Основные понятия. Системы счисления.	5	1	4	4	6	
2.	Тема 2. Кодирование информации. Выполнение арифметических операций.	5	2	4	4	6	
3.	Тема 3. Основы алгебры логики. Выполнение логических операций	5	3	4	4	6	
4.	Тема 4. Способы записи функций алгебры-логики.	5	4	4	4	6	

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. Синтез логического устройства	5	5	4	4	6	
6.	Тема 6. Минимизация функций алгебры-логики	5	6	4	4	6	
7.	Тема 7. Автоматизированная минимизация функций алгебры-логики	6	7	2	2	2	
8.	Тема 8. Функционально полная система логических элементов	6	8	2	2	2	
9.	Тема 9. Комбинационные логические устройства. Триггеры.	6	9	2	2	2	
10.	Тема 10. Узлы последовательностных логических устройств. Регистры	6	10	2	2	4	
11.	Тема 11. Узлы последовательностных логических устройств. Счетчики.	6	11	2	2	4	
12.	Тема 12. Программируемые аналоговые интегральные схемы (ПАИС)	6	12	2	2	4	
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	36	54	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Цифровая электроника. Основные понятия. Системы счисления.

###### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Принципы построения систем счисления  
Непозиционные системы счисления  
Позиционные системы счисления. Примеры позиционных систем счисления. Представление чисел в позиционных системах счисления. Системы счисления, используемые в цифровых устройствах. Преобразование чисел из одной системы счисления в другую.

###### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Примеры позиционных систем счисления. Представление чисел в позиционных системах счисления. Системы счисления, используемые в цифровых устройствах. Преобразование чисел из одной системы счисления в другую.

###### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Представление чисел в позиционных системах счисления. Системы счисления, используемые в цифровых устройствах. Преобразование чисел из одной системы счисления в другую.

## **Тема 2. Кодирование информации. Выполнение арифметических операций.**

### ***лекционное занятие (4 часа(ов)):***

Кодирование чисел в двоичной системе счисления. Дополнительный двоичный код. Двоично-десятичное представление числа. Выполнение арифметических операций в цифровых системах. Операций сложения-вычитания. Операций умножения-деления. Арифметические операции над двоично-десятичными цифрами.

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Кодирование чисел в двоичной системе счисления. Дополнительный двоичный код. Двоично-десятичное представление числа. Выполнение арифметических операций в цифровых системах. Операций сложения-вычитания. Операций умножения-деления. Арифметические операции над двоично-десятичными цифрами.

### ***лабораторная работа (6 часа(ов)):***

Выполнение арифметических операций в цифровых системах. Операций сложения-вычитания. Операций умножения-деления. Арифметические операции над двоично-десятичными цифрами.

## **Тема 3. Основы алгебры логики. Выполнение логических операций**

### ***лекционное занятие (4 часа(ов)):***

Логические константы и переменные. Операции Булевой алгебры. Операции Булевой алгебры. Элементарные логические операции. Основные аксиомы и законы алгебры-логики. Полный набор логических функций.

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Логические константы и переменные. Операции Булевой алгебры. Операции Булевой алгебры. Элементарные логические операции. Основные аксиомы и законы алгебры-логики. Полный набор логических функций.

### ***лабораторная работа (6 часа(ов)):***

Операции Булевой алгебры. Операции Булевой алгебры. Элементарные логические операции. Основные аксиомы и законы алгебры-логики. Полный набор логических функций.

## **Тема 4. Способы записи функций алгебры-логики.**

### ***лекционное занятие (4 часа(ов)):***

Словесное описание ФАЛ. Описание ФАЛ в виде таблицы истинности. Описание ФАЛ в виде алгебраического выражения. Описание ФАЛ в виде последовательности десятичных чисел. Кубические комплексы.

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Словесное описание ФАЛ. Описание ФАЛ в виде таблицы истинности. Описание ФАЛ в виде алгебраического выражения. Описание ФАЛ в виде последовательности десятичных чисел. Кубические комплексы.

### ***лабораторная работа (6 часа(ов)):***

Описание ФАЛ в виде таблицы истинности. Описание ФАЛ в виде алгебраического выражения. Описание ФАЛ в виде последовательности десятичных чисел. Кубические комплексы.

## **Тема 5. Синтез логического устройства**

### ***лекционное занятие (4 часа(ов)):***

Стандарты на обозначения условные графические элементов цифровых схем. Обозначение выводов логических элементов. Базовые логические элементы. Наиболее распространенные логические элементы. Синтез логического устройства. Переход от логической схемы к логической функции.

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Синтез логического устройства. Переход от логической схемы к логической функции.

### ***лабораторная работа (6 часа(ов)):***

Лабораторная работа 1. Знакомство с LabVIEW и образовательной платформой ELVIS II+. Синтез логического устройства. Переход от логической схемы к логической функции.

### **Тема 6. Минимизация функций алгебры-логики**

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Функционально полная система логических элементов. Принцип двойственности. Функционально полный базис логических элементов. Минимизация функции алгебры логики. Минимизация ФАЛ при помощи кубических представлений. Минимизация ФАЛ с использованием карт Вейча. Синтез логических схем в заданном базисе логических элементов. Минимизация недоопределенной функции алгебры логики

#### **практическое занятие (4 часа(ов)):**

Минимизация функции алгебры логики. Минимизация ФАЛ при помощи кубических представлений. Минимизация ФАЛ с использованием карт Вейча. Синтез логических схем в заданном базисе логических элементов. Минимизация недоопределенной функции алгебры логики

#### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Лабораторная работа 2. Реализация минимальной дизъюнктивной и минимальной конъюнктивной нормальных форм в виде логического устройства. Лабораторная работа 3. Синтез оптимальной схемы комбинационного логического устройства.

### **Тема 7. Автоматизированная минимизация функций алгебры-логики**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Алгоритмы для автоматизированной минимизация ФАЛ. Метод Квайна-МакКласки. Алгоритм ESPRESSO.

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Алгоритмы для автоматизированной минимизация ФАЛ. Метод Квайна-МакКласки. Алгоритм ESPRESSO.

#### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Программирование алгоритма ESPRESSO методом Квайна-МакКласки .

### **Тема 8. Функционально полная система логических элементов**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Принцип двойственности. Функционально полная система логических элементов. Синтез логических схем в заданном базисе логических элементов.

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Принцип двойственности. Функционально полная система логических элементов. Синтез логических схем в заданном базисе логических элементов.

#### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Лабораторная работа 4. Создание логической схемы в заданном базисе логических элементов.

### **Тема 9. Комбинационные логические устройства. Триггеры.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Простейший триггер. Классификация триггеров. Одноступенчатые триггеры. Асинхронный RS-триггер. Синхронный RS-триггер. D-триггер. Двухступенчатые триггеры. T-триггер. JK-триггер. Триггеры с динамическим управлением.

#### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Простейший триггер. Классификация триггеров. Одноступенчатые триггеры. Асинхронный RS-триггер. Синхронный RS-триггер. D-триггер. Двухступенчатые триггеры. T-триггер. JK-триггер. Триггеры с динамическим управлением.

#### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Лабораторная работа 7. Функциональные узлы комбинационных логических устройств. Лабораторная работа 5. Мультиплексор и демультиплексор. Лабораторная работа 6. Цифровой компаратор четырёхразрядных двоичных слов. Лабораторная работа 7. Синтез схемы преобразователя кода.

## Тема 10. Узлы последовательностных логических устройств. Регистры

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Параллельный регистр. Сдвигающий регистр.

### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Синтез схемы универсального регистра в системе графического программирования LabVIEW и её реализация на DE FPGA Board.

### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Лабораторная работа 8. Синтез схемы универсального регистра в системе графического программирования LabVIEW и её реализация на DE FPGA Board.

## Тема 11. Узлы последовательностных логических устройств. Счетчики.

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Классификация счетчиков. Двоичные счетчики. Реверсивные счетчики. Счетчики с параллельным переносом. Двоично-кодированные счетчики.

### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Синтез схемы двоично-десятичного счетчика в системе графического программирования LabVIEW и её реализация на DE FPGA Board.

### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Лабораторная работа 9. Синтез схемы двоично-десятичного счетчика в системе графического программирования LabVIEW и её реализация на DE FPGA Board.

## Тема 12. Программируемые аналоговые интегральные схемы (ПАИС)

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Программируемые аналоговые схемы Anadigm. Проекты, примеры применения.

### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

Программируемые аналоговые схемы Anadigm. Проекты, примеры применения.

### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Программирование аналоговых схем Anadigm

## 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. Цифровая электроника. Основные понятия. Системы счисления.	5	1	Проработка лекционного материала.	4	Устный опрос.
2.	Тема 2. Кодирование информации. Выполнение арифметических операций.	5	2	Проработка лекционного материала.	6	Устный опрос.
3.	Тема 3. Основы алгебры логики. Выполнение логических операций	5	3	Проработка лекционного материала.	6	Устный опрос.
4.	Тема 4. Способы записи функций алгебры-логики.	5	4	Проработка лекционного материала.	6	Письменный блиц опрос.
5.	Тема 5. Синтез логического устройства	5	5	Проработка лекционного материала.	6	Устный опрос.



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Минимизация функций алгебры-логики	5	6	Самостоятельная работа над лабораторными работами.	6	Письменный отчет
7.	Тема 7. Автоматизированная минимизация функций алгебры-логики	6	7	Проработка лекционного материала.	2	Домашняя контрольная работа.
	Итого				36	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Интерактивные лекционные занятия. Выполнение лабораторных работ. Работа с литературой с поиском в сети INTERNET.

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

### Тема 1. Цифровая электроника. Основные понятия. Системы счисления.

Устный опрос. , примерные вопросы:

Устный опрос на лекции.

### Тема 2. Кодирование информации. Выполнение арифметических операций.

Устный опрос. , примерные вопросы:

Устный опрос на лекции.

### Тема 3. Основы алгебры логики. Выполнение логических операций

Устный опрос. , примерные вопросы:

Устный опрос на лекции.

### Тема 4. Способы записи функций алгебры-логики.

Письменный блиц опрос. , примерные вопросы:

Решение примеров на лекции.

### Тема 5. Синтез логического устройства

Устный опрос. , примерные вопросы:

Устный опрос на лекции.

### Тема 6. Минимизация функций алгебры-логики

Письменный отчет , примерные вопросы:

Отчет о выполнении лабораторной работы.

### Тема 7. Автоматизированная минимизация функций алгебры-логики

Домашняя контрольная работа. , примерные вопросы:

Решение контрольных примеров дома.

### Тема 8. Функционально полная система логических элементов

### Тема 9. Комбинационные логические устройства. Триггеры.

### Тема 10. Узлы последовательностных логических устройств. Регистры

### Тема 11. Узлы последовательностных логических устройств. Счетчики.

### Тема 12. Программируемые аналоговые интегральные схемы (ПАИС)

### Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. В чем отличие позиционной системы счисления от непозиционной?
2. Как осуществляется перевод числа из одной системы счисления в другую, с большим основанием; с меньшим основанием?
3. Какие двоичные коды чисел Вы знаете?
4. Приведите наиболее распространенные типы двоично-десятичного кодирования.
5. Опишите алгоритм выполнения сложения вычитания над двоичными числами применяемыми в цифровой технике.
6. При помощи, каких операций выполняется операция умножения двоичных чисел в цифровой технике?
7. Что называется булевыми константами и переменными в алгебре логики?
8. Назовите основные операции булевой алгебры. Как они описываются с помощью таблиц истинности; с помощью алгебраических выражений.
9. Что отражают теоремы булевой алгебры? Сформулируйте теоремы Де-Моргана, законы ассоциативности, коммутативности, поглощения.
10. Какие функции алгебры логики называются полностью и частично определенными? Что такое факультативное значение функции и запрещенный код?
11. Приведите пример описания ФАЛ в словесной форме; в виде таблицы истинности; в виде алгебраического выражения; в дизъюнктивной и конъюнктивной нормальной формах; в виде последовательности чисел; в виде куба.
12. Что такое нулевой куб; единичный куб; двоичный куб; единичный и двоичный кубические комплексы; кубический комплекс?
13. Дайте определение ранга куба.
14. Приведите условные графические обозначения логических элементов И, ИЛИ и НЕ. Что такое функционально полная система логических элементов?
15. Как строится структурная схема логического устройства по ФАЛ?
16. В чем заключается принцип двойственности и каково его практическое значение для построения схем логических устройств?
17. Что такое функционально полная система и базис логических элементов?
18. В чем заключается цель и принципы минимизации логических устройств, реализуемых на БИС и СБИС?
19. Чем характеризуется сложность ДНФ?
20. В чем заключается минимизация ФАЛ с помощью карт Вейча?
21. Представьте карты Вейча функции двух, трех и четырех переменных.
22. К чему сводится алгоритм минимизации ФАЛ? Что такое импликанта и покрытие Квайна?
23. В чем заключается минимизация недоопределенной ФАЛ?
24. В чем заключается минимизация системы ФАЛ?
25. К чему сводится алгоритм минимизации ФАЛ методом Квайна и Мак-Класки?
26. Минимизируйте ФАЛ вида  $z(x) = \prod(3,5,6,7)$  при помощи карт Вейча.
27. Каковы назначение и структурная схема мультиплексора?
28. Каково назначение демультиплексора? Составте структурную схему демультиплексора.
29. Каково назначение преобразователя кодов?
30. Каковы назначение и логическая схема шифратора?
31. Приведите условную схему устройства ввода информации и клавиатуры.
32. Приведите схему двоично-десятичного дешифратора.
33. Каковы назначение и логическая схема цифрового компаратора?
34. Запишите ФАЛ, реализующие арифметическое суммирование одноразрядных двоичных кодов.
35. Составьте таблицу истинности для элемента Искключающие ИЛИ.

36. Составьте таблицу истинности для элемента Исключающие ИЛИ-НЕ.
37. Чем отличаются полусумматор и одноразрядный сумматор?
38. В чем основное отличие многоразрядных сумматоров параллельного и последовательного действий?
39. Составьте схему ЛЭ, реализующую сложную функцию четырнадцати переменных вида 2-3-4-5-И-4ИЛИ-НЕ.
40. Каково назначение и состав триггерных устройств?
41. Приведите принципиальную схему и передаточную характеристику гистерезисного компаратора построенного на основе операционного усилителя.
42. Опишите принцип работы гистерезисного компаратора.
43. Что называется постулатом триггера?
44. По каким признакам классифицируют триггеры?
45. Дайте классификацию триггеров по типам информационных входов.
46. Что означает определение: "синхронный RS-триггер с инверсными статическими входами"?
47. Какой тип триггера называют триггером защелкой?
48. Почему JK-триггер является наиболее универсальным?
49. Чем различаются между собой одно и двухступенчатые триггеры различных типов?
50. Проиллюстрируйте выполнение триггеров различных типов на основе JK-триггера.
51. Каковы особенности триггеров с динамическим управлением?
52. По каким признакам можно провести классификацию регистров? Приведите классификацию регистров.
53. Приведите структурные схемы и условные обозначения параллельного, сдвигающего и реверсивного регистра. Опишите принцип их работы.
54. Назовите основные параметры и признаки классификации счетчиков.
55. Каким образом достигается повышение быстродействия счетчиков?
56. Как осуществляется предварительная установка счетчиков?
57. Что общего и каковы отличия потенциального и импульсного способов представления лог. 0 и лог. 1?
58. Назовите условия совместимости уровней входных и выходных сигналов логических элементов.
59. Что характеризуют коэффициенты объединения по входу и разветвления по выходу и каковы их типовые значения?
60. Изобразите амплитудную передаточную характеристику инвертирующего усилителя. В чем заключается формирующее свойство ЛЭ?
61. Чем определяется зона импульсной помехоустойчивости ЛЭ?
62. Назовите основные схемотехнические решения, применяемые при создании базовых ЛЭ разных типов; сравните их по техническим параметрам.
63. Приведите схему базового элемента ЗИ-НЕ ТТЛ и опишите ее функционирование.
64. Перечислите динамические параметры ЛЭ.
65. Сравните основные параметры ИС ТТЛ различных серий. Объясните причины существующих отличий.
66. Приведите схему токового ключа как основы БЛЭ ИС ЭСЛ.
67. Опишите функционирование схемы БЛЭ ЭСЛ.
68. В чем заключаются схемотехнические способы повышения быстродействия БЛЭ ЭСЛ?
69. Какие особенности характеризуют схемы на базе МДП-транзисторов?
70. Приведите схему ключа с нагрузочным МДП-транзистором и опишите ее функционирование.
71. Приведите схемы БЛЭ на МДП-транзисторах, реализующих операции ЗИ-НЕ и ЗИЛИ-НЕ и опишите их функционирование.

72. Приведите схему и статическую характеристику ключа на КМОП-транзисторах.
73. Приведите схемы БЛЭ КМОП, выполняющие операции ЗИ-НЕ и З ИЛИ-НЕ.
74. В чем заключаются особенности ЛЭ И2Л. Приведете принципиальную схему базового логического элемента И2Л.

### **7.1. Основная литература:**

- Электроника и микропроцессорная техника. Дипломное проектирование систем автоматизации и управления, Лачин, В.И., 2007г.
- Твердотельная электроника, Гуртов, Валерий Алексеевич, 2007г.
- Электроника - практический курс, Джонс, Мартин Хартли; Воронов, Е. В.; Ларин, А. Л., 2006г.
- Электротехника и общая электроника, Корчевский, Вячеслав Владимирович, 2011г.
- Твердотельная электроника, Воронков, Эдуард Николаевич, 2009г.
- Электроника и микропроцессорная техника, Гусев, Владимир Георгиевич; Гусев, Юрий Матвеевич, 2013г.
- Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по курсу "Твердотельная электроника", Таюрская, Галина Васильевна; Корчагин, П. А., 2006г.
- Аналоговая электроника. Схемы, системы, обработка сигнала, Крекрафт, Д.; Джерджи, С.; Кузьмичева, А. А.; Лапин, А. А., 2005г.
- Электроника и микропроцессорная техника, Гусев, Владимир Георгиевич; Гусев, Юрий Матвеевич, 2004г.

### **7.2. Дополнительная литература:**

- Насыров И.А. Конспекты лекций по цифровой электронике. Учебное пособие. - Казань: КГУ, 2006. - 98 с.  
([http://kpfu.ru/publication?p\\_id=17353](http://kpfu.ru/publication?p_id=17353))
- Насыров И.А. Лабораторный практикум. Основы построения цифровых логических устройств. Часть 1: Функции алгебры-логики и синтез логических схем. Учебно-методическое пособие. - Казань: Казанский университет, 2012. - 88 с.  
([http://kpfu.ru/publication?p\\_id=4349](http://kpfu.ru/publication?p_id=4349))

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

- FPGA/CPLD - ПЛИС (Программируемые Логические Интегральные Схемы) - <http://www.fpga-cpld.ru/>
- АППАРАТНО - ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ИЗУЧЕНИЯ ПАИС С ДИСТАНЦИОННЫМ ДОСТУПОМ - [http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/26724/1/notv\\_2013\\_07.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/26724/1/notv_2013_07.pdf)
- Программирование FPGA(ПЛИС), VHDL, AHDL - <http://njinmnp.narod.ru/vhdl/vhdl.html>
- Программируемые аналоговые интегральные схемы ИС Anadigm - [http://www.kit-e.ru/articles/plis/2007\\_12\\_12.php](http://www.kit-e.ru/articles/plis/2007_12_12.php)
- Универсальные аналоговые программируемые ИС: выбор элементарных функциональных узлов (теоретическое обоснование) - <http://www.electronics.ru/journal/article/1055>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Микроэлектроника" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Образовательная платформа NI ELVIS II+; Учебно-отладочная плата NI DE FPGA Bard;  
Лицензионное программное обеспечение NI LabVIEW/

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Телекоммуникационные системы и информационные технологии .

Автор(ы):

Тюрин В.А. \_\_\_\_\_

Насыров И.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Гумеров Р.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.