

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
в г. Смоленске**

Утверждаю
Директор филиала
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Смоленске
_____ А.С. Федулов

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ
для ПОСТУПАЮЩИХ в МАГИСТРАТУРУ**

Направление подготовки
11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА и НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Магистерская программа:
Промышленная электроника и микропроцессорная техника

Зав. кафедрой
электроники и микропроцессорной техники

доцент _____ И.В. Якименко
_____ 2015 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ПРОГРАММЫ

1.1. Основные темы для подготовки к вступительному экзамену в магистратуру по направлению 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Твердотельная электроника. Явления переноса в твердых телах. Качественная теория электропроводимости п/п. Примесные п/п. Зонные диаграммы п/п. Концентрация свободных носителей в п/п. Уровень Ферми в собственных и примесных п/п. Дрейфовое и диффузное движение носителей. Зависимость электропроводности п/п от температуры. Неравновесная концентрация носителей заряда. Механизм рекомбинации носителей в п/п. Их время жизни.

Контактные явления в полупроводниках. Электронно-дырочный переход. Равновесное состояние р-п перехода. Контактная разность потенциалов. Ширина области объемного заряда. Прямое и обратное смещение р-п перехода. Концентрации носителей в р-п переходе. Инжекция и экстракция носителей. Вольтамперная характеристика идеализированного р-п перехода. Особенности ВАХ реальных р-п переходов. Пробой р-п перехода. Виды и механизмы пробоя р-п перехода. Барьерная и диффузионная емкости р-п перехода. Области применения.

Контакт металл-полупроводник. Контакт металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). Барьер Шотки. Идеализированная структура МДП. Физические процессы в идеализированной МДП-структуре. Особенности реальной МДП-структуры.

Полупроводниковые диоды. Система условных обозначений п/п приборов. Выпрямительные диоды. Стабилитроны. Варикапы. Импульсные диоды. Диоды Шотки.

Биполярные транзисторы. Структура и принцип работы биполярных транзисторов. Зависимость коэффициента передачи тока биполярного транзистора от его конструктивных параметров. Уравнения Эберса-Молла. Малосигнальные параметры и эквивалентные схемы биполярных транзисторов. Статистические входные и выходные вольтамперные характеристики биполярного транзистора в схемах с ОБ и ОЭ. Особенности реальных ВАХ биполярных транзисторов. Эффект Эрли. Зависимость коэффициентов передачи токов от тока $I_{\text{э}}$. Зависимость статических характеристик биполярных транзисторов от температуры. Предельные напряжения биполярного транзистора. Переходные процессы в биполярных транзисторах (ОБ, ОЭ). Частотные свойства биполярных транзисторов в схемах с ОБ и ОЭ.

Тиристоры. Структура и принцип действия. Способы переключения. Параметры и характеристики. Транзисторная модель диодного тиристора (динистора). ВАХ динистора. Симисторы. Переходные процессы и динамические параметры.

Полевые транзисторы. ПТ с управляющим р-п – переходом. Устройство и принцип действия. Статические характеристики. Основные параметры.

МДП-транзисторы. ПТ с изолированным затвором. Статические характеристики и параметры МДП-транзистора с индуцированным затвором. МДП-транзистор со встроенным каналом. Влияние температуры на характеристики ПТ. Динамические свойства и эквивалентные схемы замещения униполярных транзисторов. Основные статические и динамические параметры. Основные конструкторско-технологические разновидности МДП-транзисторов. МДП-транзистор с коротким каналом. Двухзатворные транзисторы. ПТ с зарядовой связью. Полевые СВЧ-транзисторы.

Микроэлектроника. Классификация интегральных микросхем: полупроводниковые и гибридные, на биполярных и МДП – элементах; активные и пассивные элементы интегральных микросхем.

Основные термины и определения микроэлектроники. Структура и особенности параметров п/п ИС. Разновидности и особенности интегральных p-n транзисторов. Транзисторы с комбинированной изоляцией. Структура многоэмиттерного транзистора. Транзисторы Шотки в интегральном исполнении. Транзисторы типа p-n-p. Интегральные диоды. ВАХ транзисторных структур в различных диодных включениях. Особенности интегральных МДП – транзисторов. Основные конструктивно-технологические разновидности МДП-транзисторов. Транзисторы с каналом n-типа и самосовмещенными затворами, параметры и характеристики транзисторов с коротким каналом, двухзатворные транзисторы, полевые СВЧ-транзисторы. Пассивные элементы полупроводниковых ИС. Полупроводниковые резисторы, пленочные резисторы. Конденсаторы и индуктивные элементы.

Цифровые и аналоговые ИС: малой, средней, большой и сверхбольшой степени интеграции. Проблемы повышения степени интеграции. Матричные БИС. Основы аналоговых интегральных схем Основы цифровых интегральных схем. Логические элементы (ЛЭ). Классификация ЛЭ. Основные параметры и характеристики ЛЭ. Инверторы в интегральных схемах. Инверторы на биполярных транзисторах. Инверторы на МДП-транзисторах.

Схемотехнические структуры интегральной микроэлектроники. Базовый элемент диодно-транзисторной логики. Базовый элемент транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). ТТЛ с простым инвертором. ТТЛ со сложным инвертором. Статические характеристики ТТЛ вентиля. Передаточная характеристика ТТЛ вентиля. Определение основных параметров ТТЛ. Динамические свойства ТТЛ вентиля. Варианты схем ТТЛ. Вентиль ТТЛ с повышенной нагрузочной способностью. ТТЛ Шотки. Вентиль ТТЛ с открытым коллектором. Возможные схемы подключения светодиодов. Схема подключения сопротивления нагрузки. Вентиль ТТЛ с тремя выходными состояниями. Вентили И-ИЛИ-НЕ, логические расширители. Вентили ТТЛ без инверсии. Элементы эмиттерно-связанной логики (ЭСЛ). Принцип действия базового ЭСЛ вентиля. Особенности выполнения и параметры реальных вентилях ЭСЛ. Статические и динамические параметры ЭСЛ вентилях. Передаточная характеристика. Входная характеристика ЭСЛ. Выходная характеристика ЭСЛ. Динамические свойства ЭСЛ вентиля. Логические элементы БИС с инжекционным питанием. Базовый элемент интегральной инжекционной логики (И²Л). Параметры и характеристики И²Л. Нагрузочная способность и быстродействие И²Л. Ключевые схемы на однотипных МДП – транзисторах. Их основные статические и динамические параметры. Переходные процессы ключевых схем. Базовые логические элементы на МДП-транзисторах. Схемы И-НЕ, ИЛИ-НЕ, И-ИЛИ-НЕ. Основные свойства ключа на КМДП транзисторах. Особенности и параметры схем КМДП. Переходные процессы КМДП структур. Логические элементы на КМДП структурах.

Элементы полупроводниковых запоминающих устройств. Классификация и типы ЗУ. Основные статические и динамические параметры ЗУ. Структура ОЗУ. Структура ЗУ с одномерной адресацией. ЗУ с двумерной адресацией. Элементы памяти на биполярных транзисторах. Статические ОЗУ на биполярный и МДП – транзисторах. Ос-

новные режимы работы элемента памяти. Динамические ОЗУ. Параметры динамических ОЗУ. Элементы микросхем репрограммируемых ПЗУ. Способы программирования элементов ЭСППЗУ. Триггерные элементы памяти. Полупроводниковые микросхемы памяти.

Элементы функциональной электроники. Функциональная электроника – перспективное направление в микроэлектронике. Элементы функциональной электроники на поверхностных акустических волнах. Элементы функциональной электроники на цилиндрических магнитных доменах. Устройство и принцип действия прибора с зарядовой связью.

Квантовая и оптическая электроника. Способы описания электромагнитного излучения оптического диапазона. Основные характеристики и свойства оптического излучения. Физические основы взаимодействия оптического излучения с квантовыми системами. Энергетические состояния квантовых систем. Оптические переходы, структура спектров. Ширина, форма и уширение спектральных линий. Оптические явления в средах с различными агрегатными состояниями. Нелинейно-оптические эффекты.

Основные типы некогерентных источников оптического излучения. Принципы действия излучающих диодов видимого и инфракрасного диапазонов. Основные параметры и характеристики излучающих диодов.

Активные среды и методы создания инверсной населенности. Насыщение усиления в активных средах.

Основные типы когерентных источников оптического излучения. Условия лазерного усиления и лазерной генерации. Оптические квантовые усилители и генераторы. Оптические резонаторы. Разновидности газовых и твердотельных лазеров. Параметры и характеристики аргоновых, гелий-неоновых и CO_2 -лазеров. Лазеры на ИАГ-Nd, стекле с неодимом и рубиновые лазеры. Области применения. Принцип действия, основные параметры и характеристики полупроводниковых инжекционных лазеров. Полупроводниковые лазеры с электронной накачкой. Области применения полупроводниковых лазеров. Способы внутренней и внешней модуляции лазерного излучения. Анализ скоростных уравнений. Принцип сверхскоростной модуляции.

Физические принципы и основные элементы для регистрации оптического излучения. Основные характеристики полупроводниковых фотоприемников. Многоэлементные фотоприемники. Сравнительный анализ быстродействующих фотодиодов, применяемых в волоконно-оптических линиях связи. P-i-n фотодиоды. Фотодиоды с барьером Шотки. Лавинные фотодиоды.

Физические принципы и основные элементы для модуляции оптического излучения. Эффекты Погеля и Керра. Принцип действия и характеристики электрооптических модуляторов. Полупроводниковые модуляторы света.

Физические принципы и основные элементы для отклонения оптического излучения. Принцип действия и основные характеристики дефлекторов лазерного излучения.

Физические принципы и основные элементы для передачи оптического излучения. Эффекты полного внутреннего отражения света. Принцип действия волоконных световодов. Одномодовые и многомодовые оптические волокна. Градиентные световоды и световоды со ступенчатым профилем показателя преломления. Основные параметры и характеристики волоконных световодов и оптических кабелей. Апертурный

угол, затухание, дисперсия, критическая частота и регенерационная длина оптического кабеля. Принципы построения и структурные схемы волоконно-оптических линий систем цифровой связи. Передающие и приемные оптические модули.

Основные принципы усиления оптического излучения. Оптические усилители.

Физические принципы и основные элементы для обработки электрических сигналов. Основные характеристики и параметры резисторных и диодных оптопар. Статический и динамический режим работы. Параметры гальванической развязки. Анализ работы и основные характеристики транзисторных и тиристорных оптопар. Схемы включения. Области применения. Аналоговые и цифровые оптоэлектронные интегральные микросхемы. Принцип работы. Параметры и характеристики. Принципы построения электронных схем с применением резисторных, диодных, транзисторных и тиристорных оптопар.

Электронные цепи и микросхемотехника. Усилители электрических сигналов. Основные характеристики усилителей. Амплитудная, амплитудно-частотная, фазо-частотная, амплитудно-фазовая и переходная характеристики. Обратные связи в схемах усилителей. Виды обратной связи. Последовательная обратная связь по напряжению. Коэффициент усиления при последовательной обратной связи по напряжению. Режимы работы транзистора в усилительных каскадах (классы усилителей). Задание и стабилизация рабочей точки в каскадах с ОЭ. Усилители мощности. Схемы оконечных каскадов бестрансформаторных усилителей мощности. Режим АВ в бестрансформаторных усилителях мощности. Интегральные операционные усилители. Свойства идеального ОУ. Основные параметры ОУ.

Ключевой режим работы электронных устройств. Функциональная схема ключевого элемента. Основные требования, предъявляемые к ключевым элементам. Особенности работы биполярного транзистора в ключевом режиме. Транзисторный ключ по схеме ОЭ. Особенности насыщенных и ненасыщенных ключей. Пути повышения быстродействия транзисторных ключей. Ненасыщенные ключи. Ключ с форсирующей емкостью.

Нелинейные режимы работы электронных схем. Генерация электрических сигналов нелинейными схемами. Нелинейный режим работы ОУ. Компаратор на ОУ. Компаратор с положительной ОС. Автоколебательные мультивибраторы на ОУ. Мультивибратор на ОУ со стабильной амплитудой. Мультивибратор на ОУ с дифференцирующей цепью в ОС. Интегральный таймер. Автоколебательный мультивибратор на таймере. Регулировка частоты и скважности.

Цифровая техника. Общие сведения о цифровых устройствах, разновидности цифровых устройств, способы выполнения операций над кодовыми словами. Алгебра логики. Основные логические операции и их обозначения. Формы представления функций алгебры логики. Основные аксиомы и теоремы алгебры логики. Универсальные логические операции и их особенности. Функции Пирса и Шеффера. Формы ДНФ и КНФ. Переход от логической функции к комбинационной цифровой схеме. Минимизация логических функций. Минимизация ФАЛ с помощью карт Карно-Вейча. Минимизация недоопределенных ФАЛ. Запись, минимизация и реализация логических функций в универсальных базисах.

Коды и системы счисления. Позиционные (арифметические) и непозиционные системы счисления. Основание кода алфавита и длина кодового слова. Позиционная двоичная, восьмеричная, шестнадцатеричная системы счисления, понятие бита, байта, машинного слова. Представление натуральных, дробных и отрицательных чисел в двоичной позиционной системе счисления. Представление отрицательных чисел. Прямой, обратный, дополнительный и смещенный коды. Формат целого без знака и со знаком (байт). Формат целого без знака и со знаком (слово — 2 байта). Операция вычитания двоичных чисел с использованием дополнительного кода. Код Грея. Помехозащищенные коды. Код с контролем паритета. Код Хемминга. Данные в формате ASCII. Двоично-кодированные десятичные (BCD) данные (упакованный и неупакованный формат).

Представление действительных чисел в форме с плавающей точкой. Действительные числа одинарной и двойной точности.

Элементы цифровых устройств. Комбинационные и последовательностные схемы. Цифровые конечные автоматы. Автоматы Мура и Мили. Шифраторы, дешифраторы, преобразователи кодов. Мультиплексоры и демультимплексоры. Компараторы кодов. Двоичные полусумматор и сумматор. Построение многоразрядного двоичного сумматора. Арифметико-логические устройства (АЛУ). Классификация АЛУ. Принципы построения аппаратных умножителей двоичных чисел.

Триггеры. Классификация триггеров. Взаимные преобразования триггеров. Асинхронный RS-триггер. Синхронный RS-триггер, управляемый уровнем синхросигнала. D-триггер защелка (Latch), управляемый уровнем синхросигнала. D-триггеры с динамическим синхровходом Flip-Flop: двухтактный (master-slave) D-триггер, шестиэлементный D-триггер. Счетный триггер (Т-триггер). Универсальный JK-триггер. Двухступенчатый JK-триггер (Master-slave). Явления захвата нулей и единиц в двухтактном JK-триггере. Шестиэлементный JK-триггер. JK-триггер с внутренними задержками.

Счетчики. Классификация счетчиков. Двоичные счетчики суммирующие, вычитающие и реверсивные с последовательным переносом. Динамика счетчиков с последовательным переносом, возникновение ложных состояний в них. Синхронные счетчики с параллельным переносом. Организация межразрядной связи для реверсивного счетчика. Счетчики с комбинированным переносом. Счетчик со сквозным переносом. Двоично-кодированные счетчики, методы их построения (модификация межразрядных связей и метод управляемого сброса). Счетчики с недвоичным кодированием состояний. Счетчики в коде Грея. Счетчики в коде «1 из N», счетчики Джонсона, распределители тактов. Счетчики с самовосстановлением после сбоя.

Регистры и их классификация. Параллельные и последовательные (сдвиговые) регистры. Универсальные регистры.

Электронные промышленные устройства. Информационные основы построения электронных промышленных устройств (ЭПУ). Виды информации, сигналы. Преобразование Фурье, спектры сигналов. Носители сигналов и их модуляция. Дискретизация непрерывных сигналов по времени. Теорема Котельникова-Найквиста. Дискретизация по уровню (квантование). Связь наилучшего достижимого отношения сигнал-шум в ЦОС-системе с частотой дискретизации и разрядностью квантователя. Количественное измерение информации в сигнале. Основные характеристики кодов, выбор

оптимальной значности кода. Теорема Хартли-Шеннона. Помехозащищенное кодирование.

Цифроаналоговые преобразователи (ЦАП), их классификация. Параллельные ЦАП. ЦАП с суммированием весовых токов (с двоично-взвешенными сопротивлениями). ЦАП на основе матрицы $R-2R$, формирование выходного сигнала в виде напряжения. ЦАП на источниках тока. Параллельный ЦАП на переключаемых конденсаторах. ЦАП с суммированием напряжений. Последовательные ЦАП. ЦАП с широтно-импульсной модуляцией. Последовательный ЦАП на переключаемых конденсаторах. Интерфейсы цифро-аналоговых преобразователей. Применение ЦАП: аттенюаторы и интеграторы на ЦАП, перемножители сигналов, системы прямого цифрового синтеза сигналов. Основные параметры ЦАП.

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Основные принципы построения АЦП, классификация АЦП. Параметры АЦП. Апертурная погрешность АЦП. Устройства выборки-хранения (УВХ). Последовательные АЦП. Последовательные АЦП с единичным приближением. Последовательные АЦП с двоично-взвешенным приближением. АЦП с промежуточным преобразованием в интервал времени. АЦП с промежуточным преобразованием напряжения в частоту. Преобразователи напряжения частота. Сигма-дельта преобразователи. Сигма-дельта АЦП и формирование шума квантования. Цифровая фильтрация и децимация. АЦП двухтактного интегрирования. Параллельные АЦП. АЦП считывания, flash. Последовательно-параллельные АЦП: многоступенчатые, конвейерные, многотактные.

Цифровые фильтры (ЦФ). Цифровая функция передачи фильтра. Описание ЦФ в частотной области. Цифровая обработка сигналов. Реализация цифровых фильтров. Основные операции ЦОС. Применение цифровых фильтров. Представление сигналов и основные элементы. Структуры цифровых фильтров: ЦФ нерекурсивные и рекурсивные. Синтез рекурсивного ЦФ по аналоговому фильтру-прототипу. Билинейное преобразование.

1.2. Литература

1. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники - М.: Радио и связь, 2001
2. Пасынков В.В. Полупроводниковые приборы: Учеб. для вузов/ В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин – 7-е изд. испр., СПб.: ЛАНЬ, 2003. – 478 с.
3. Ткаченко Ф.А. Электронные приборы и устройства: учебник. – Минск: Новое знание; М. ИНФА-М, 2011.
4. Драгунов В.П. Основы наноэлектроники. Учебное пособие для вузов – Новосибирск: НГТУ, 2000
5. Гусев В.Г, Гусев Ю.М. Электроника и микропроцессорная техника: Учебник для вузов. М. Высшая школа, 2008.
6. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника.– М.: Высшая школа, 2001
7. Астайкин А. И., Смирнов М.К.. Основы оптоэлектроники: Учебное пособие — М.: Высшая школа, 2007.
8. Электроника: Учебник для вузов / О.В. Миловзоров, И.Г. Панков. — 4-е издание, стереотипное — М.: Высшая школа, 2008.
9. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника – М.: "Горячая Линия-Телеком", 2003.

10. С.И. Баскаков Радиотехнические цепи и сигналы. Изд-е 3, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2005.
11. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Юнимедиа-стайл, 2002. – 448 с.
12. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника: Учеб. Пособие для вузов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 528 с.: ил.
13. Шука А.А. Электроника: Учебник для вузов / СПб.: ВHV, 2005. – 800 с. Ил
14. Шука А.А. Нанoeлектроника: учебное пособие. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2012 – 342.

1.3. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

к вступительным испытаниям для поступающих в магистратуру по направлению подготовки

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

1. Базовый элемент транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Особенности элемента ТТЛШ.
2. Вентиль ТТЛ с открытым коллектором. Возможные схемы подключения нестандартных нагрузок.
3. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Основные принципы построения АЦП, классификация АЦП.
4. Устройство и принцип действия МДП-транзисторов с индуцированным каналом. Статические характеристики.
5. Интегральные диоды.
6. Цифроаналоговые преобразователи (ЦАП), их классификация. Параллельные ЦАП.
7. Обратные связи в схемах усилителей. Виды обратной связи. Последовательная обратная связь по напряжению. Коэффициент усиления при последовательной обратной связи по напряжению.
8. Структура и принцип действия тиристоров. Параметры и характеристики.
9. Задание и стабилизация рабочей точки в каскадах с ОЭ.
10. Принципы действия и характеристики излучающих диодов видимого и инфракрасного диапазонов.
11. Прямое и обратное смещение р-п перехода. Инжекция и экстракция носителей.
12. Счетчики. Классификация счетчиков. Двоичные счетчики суммирующие, вычитающие и реверсивные с последовательным переносом
13. Статические ОЗУ на МДП - транзисторах. Основные режимы работы элемента памяти.
14. Разновидности полупроводниковых диодов: стабилитроны, варикапы, диоды Шоттки.
15. Основные характеристики полупроводниковых фотоприемников.
16. Барьерная и диффузионная емкости р-п перехода.
17. Пути повышения быстродействия транзисторных ключей. Ненасыщенные ключи. Ключ с форсирующей емкостью.
18. Синхронный RS-триггер, управляемый уровнем синхросигнала.
19. Триггеры. Классификация триггеров. Асинхронный RS-триггер.
20. Режимы работы транзистора в усилительных каскадах (классы усилителей).

**1.4. Вопросы к вступительным испытаниям для поступающих
в магистратуру по направлению подготовки
11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА
по магистерской программе «Промышленная электроника и
микропроцессорная техника»**

1. Основные логические функции и их применение. Принципы построения логических схем. Минимизация логических выражений.
2. Состав серий цифровых ИС. Система обозначений ИС.
3. ТТЛ вентили. Определение нагрузочной способности при совместной работе вентилях разных серий ТТЛ.
4. Применение ТТЛ вентилях с открытым коллектором для выполнения логических операций и управления индикаторными устройствами.
5. Применение ТТЛ вентилях с открытым коллектором для управления мощными транзисторными ключами.
6. Особенности применения вентилях ЭСЛ.
7. Согласование ЭСЛ и ТТЛ уровней.
8. Особенности применения серии ИС КМДП.
9. Сопряжение КМДП и ТТЛ ИС.
10. Особенности и примеры построения накопителей модулей ЗУ.
11. Расчет рабочей точки транзисторного каскада по схеме с ОЭ.
12. Расчет усилителей на ОУ.
13. Расчет ключа на биполярном транзисторе.
14. Расчет скорости нарастания выходного напряжения ОУ, необходимой для получения прямоугольных импульсов в генераторе.
15. Определение логических состояний на входах или выходах комбинаций логических вентилях, шифраторов, дешифраторов, мультиплексоров по заданному набору данных.
16. Построение временных диаграмм работы триггеров по заданным диаграммам входных воздействий.
17. Расчет параметров аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей.
18. Расчет основных характеристик аналоговых фильтров.
19. Расчет основных характеристик цифровых фильтров.
20. Расчет прохождения сигналов через линейные цепи частотным методом.
21. Расчет прохождения сигналов через линейные цепи временным методом.

Программу вступительных испытаний в магистратуру подготовили:

Руководитель
магистерской программы
д.т.н., доцент

И.В. Якименко

доцент кафедры ЭиМТ

Л.Л. Лямец