Б1.В.ДВ.7.2

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

**УТВЕРЖДАЮ**
**Директор департамента образования**
**(Проректор по учебной работе)**
_____ **П.Е. Троян**
«30» 09 2016 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

**Уровень основной образовательной программы** бакалавриат

**Направления подготовки** **11.03.04** «Электроника и наноэлектроника»

**Профиль** Микроэлектроника и твердотельная электроника

**Форма обучения** очная

**Факультет** электронной техники (ФЭТ)

**Кафедра** физической электроники (ФЭ)

**Курс** 2 **Семестр** 4

**Учебный план набора 2014 года.**

**Распределение рабочего времени:**

| № | Виды учебной работы | Семестр 1 | Семестр 2 | Семестр 3 | Семестр 4 | Семестр 5 | Семестр 6 | Семестр 7 | Семестр 8 | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Лекции | | | | 18 | | | | | 18 | часов |
| 2. | Лабораторные работы | | | | - | | | | | - | часов |
| 3. | Практические занятия | | | | 18 | | | | | 18 | часов |
| 4. | Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная) | | | | - | | | | | - | часов |
| 5. | Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4) | | | | 36 | | | | | 36 | часов |
| 6. | Из них в интерактивной форме | | | | 14 | | | | | 14 | часов |
| 7. | Самостоятельная работа студентов (СРС) | | | | 36 | | | | | 36 | часов |
| 8. | Всего (без экзамена) (Сумма 5,7) | | | | 72 | | | | | 72 | часов |
| 9. | Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена | | | | - | | | | | - | часов |
| 10. | Общая трудоемкость (Сумма 8,9) | | | | 72 | | | | | 72 | часов |
| | (в зачетных единицах) | | | | 2 | | | | | 2 | ЗЕ |

Дифф. **Зачет** 4 **семестр**

Томск 2016

Согласована на портале № 10685

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 73 от « 8 » 9 2016 г.

# Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 218, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от « 08 » 09 2016 г., протокол № 73 .

**Разработчики:**
Профессор кафедры ФЭ _____ / П.Е. Троян

Ассистент кафедры ФЭ _____ / В.В. Каранский

**Заведующий кафедрой**
Профессор кафедры ФЭ _____ / П.Е. Троян

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки.

Декан ФЭТ _____ / А.И. Воронин

Зав. профилирующей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

Зав. выпускающей кафедрой ФЭ _____ / П.Е. Троян

**Эксперты:**
Председатель методической комиссии факультета ФЭТ _____ / И.А. Чистоедова

Председатель методической комиссии кафедры ФЭ _____ / И.А. Чистоедова



Согласована на портале № 10685

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Микроэлектроника» является приобретение знаний по физическим процессам в биполярных и полевых транзисторах, особенностях их работы в составе интегральных схем; основным принципам микроэлектроники; методам изоляции в интегральных схемах; основным свойствам и характеристикам аналоговых и цифровых интегральных схем; схемотехническим структурам интегральной микроэлектроники, элементам функциональной электроники.

Задачей изучения дисциплины «Микроэлектроника» является приобретение умений и навыков производить расчеты параметров активных и пассивных элементов интегральных схем; представления альтернативных приборов в виде эквивалентных схем и моделей; определения параметров моделей; схемотехнику аналоговых и цифровых интегральных схем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части базовой части (Б1.В.ДВ.7.2) образовательной программы по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: физика, теоретические основы электротехники, физика конденсированного состояния, материалы электронной техники.

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: твердотельная электроника, наноэлектроника, физика полупроводников, элементы и приборы наноэлектроники.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**3.1. Изучение дисциплины направлено на формирование у бакалавров следующих *профессиональных компетенций* (ПК):**

- способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования **(ПК-1)**;
- способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микроэлектроники и твердотельной электроники, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования **(ПСК-1)**;
- готовностью к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники **(ПСК-3)**.

**3.2. В результате изучения дисциплины бакалавр должен:**

**знать:**

– виды интегральных схем и методы изоляции в интегральных схемах;

– устройство, принцип действия и основные характеристики основных элементов интегральных схем – биполярных и полевых транзисторов и особенности их работы в интегральных схемах;

– эквивалентные схемы и функциональные электрические модели биполярных и полевых транзисторов интегральных схем;

– функциональные электрические модели приборов и методы определения параметров моделей;

**уметь:**

– определять путем измерений и расчетов параметры пассивных и активных элементов интегральных схем;

– производить выбор интегральной схемы для создания устройств микроэлектроники и твердотельной электроники;

– представлять элементы интегральных схем в виде моделей и эквивалентных схем;

**владеть:**

– навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами интегральных схем.



Согласована на портале № 10685

## 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет __2__ зачетные единицы.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр |
|---|---|---|
| | | 4 |
| **Аудиторные занятия (всего)** | **36** | **36** |
| В том числе: | - | |
| Лекции | 18 | 18 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| **Самостоятельная работа (всего)** | **36** | **36** |
| В том числе: | - | |
| Проработка лекционного материала | 4 | 4 |
| Подготовка к практическим занятиям | 14 | 14 |
| Подготовка к контрольным работам | 6 | 6 |
| Выполнение и защита индивидуального задания | 12 | 12 |
| Общая трудоемкость час | **72** | **72** |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | **2** | **2** |

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекции | Практические занятия | Самост. работа студента | Всего час | Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Введение, цели и задачи дисциплины, основные понятия. | 1 | - | - | 1 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| 2. | Классификация интегральных микросхем. | 1 | - | 1 | 2 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| 3. | Биполярные транзисторы интегральных схем. | 6 | 14 | 21 | 41 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| 4. | Полевые транзисторы интегральных схем. | 4 | 4 | 10 | 18 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| 5. | Пассивные элементы интегральных схем. | 1 | - | 1 | 2 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| 6. | Логические элементы на биполярных и полевых транзисторах. | 2 | - | 1 | 3 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| 7. | Элементы памяти. | 1 | - | 1 | 2 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| 8. | Цифровые и аналоговые интегральные схемы. | 2 | - | 1 | 3 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| | **ИТОГО** | **18** | **18** | **36** | **72** | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

| № п/п | Наименование разделов | Содержание разделов | Трудоемкость (час.) | Формируемые компетенции (ОК, ПК, ПСК) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Введение, цели и задачи дисциплины, основные понятия. | Цели и задачи курса. Требования к объему знаний, умений и навыков. Краткая историческая справка по этапам развития микроэлектроники. Микроэлектроника – как научно-техническое направление в электронике. Принципы и задачи, решаемые микроэлектроникой. Микроэлектроника как исторически обусловленный этап развития электроники и одно из ее основных направлений, обеспечивающее разработку качественно нового типа электронных приборов - интегральных микросхем. Сочетание физического, технологического и схемотехнического аспектов микроэлектроники. Предметная область дисциплины «Микроэлектроника», идеология курса. | 1 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |



Согласована на портале № 10685

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Некоторые понятия: интегральная схема, пассивные и активные элементы интегральной схемы, степень интеграции, плотность упаковки элементов. | | |
| 2. | Классификация интегральных микросхем. | Классификация интегральных микросхем по различным признакам. Классификация интегральных микросхем по технологическим признакам: полупроводниковые, гибридные и прочие микросхемы. Микросхемы на биполярных и МДП-элементах. Цифровые и аналоговые микросхемы. Интегральные микросхемы малой, средней и большой степени интеграции, сверхбольшие интегральные микросхемы. | 1 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| 3. | Биполярные транзисторы интегральных схем. | Схема потоков носителей зарядов в БТ. Внутренние физические параметры БТ: эффективность эмиттера, коэффициент переноса, эффективность коллектора. Внешние параметры БТ: коэффициент передачи тока эмиттера, коэффициент передачи тока базы. Связь между внутренними и внешними параметрами в БТ. Статические параметры трех режимов работы БТ. Явление в БТ при больших токах. Эффект модуляции базы (эффект Эрли) и его следствия. Пробой БТ. Особенности пробоя БТ в схеме с ОЭ. Статические характеристики БТ в схеме с ОБ и ОЭ.<br>Динамические характеристики БТ. Области активной работы, режима отсечки и насыщения. Предельные режимы по току и напряжению.<br>Усилительные свойства БТ в схемах с ОБ, ОЭ и ОК. Частотные параметры БТ: предельная частота коэффициента передачи тока эмиттера, предельная частота коэффициента передачи тока базы, граничная частота, максимальная частота генерации. Зависимость эффективности эмиттера, коэффициента переноса, коэффициентов передачи тока эмиттера и тока базы от частоты.<br>Переходные процессы в БТ для включения с ОБ и ОЭ. Характеристики переходных процессов: tз, tн, tрасс, tсп, tвкл, tвыкл. Описание переходных процессов методом заряда.<br>Температурные зависимости динамических характеристик. Зависимость коэффициентов передачи токов эмиттера и базы от температуры. Термостабильность схем с ОБ и ОЭ.<br>Описание БТ как линейного четырехполюсника. Система y-, z- и h- параметров. Схемы замещения БТ в y-, z- и h-параметрах. Переход от одной системы параметров к другой. Смысл h-параметров. Взаимосвязь h-параметров с физическими параметрами БТ. Расчет h-параметров по физическим параметрам БТ и наоборот. Методы определения h-параметров.<br>Физическая эквивалентная схема БТ. Эквивалентная схема БТ с ОБ и ОЭ для низких частот. Эквивалентная схема БТ для высоких частот. Параметры эквивалентной схемы БТ. Зависимость параметров БТ от Iэ, T и Uк.<br>П-образная и гибридная эквивалентные схемы.<br>Мощные БТ. Составной транзистор (транзистор Дарлингтона). Лавинный транзистор. Однопереходный транзистор. Инжекционный транзистор. IGBT-транзистор.<br>Модели БТ: Эберса-Молла, зарядоуправляемая. Шумы в БТ: определение шума, виды шумов, их зависимость от частоты, IЭ, Uк.<br>Особенности структур биполярных транзисторов интегральных схем. Методы изоляции в интегральных схемах: обратносмещенным p-n переходом, диэлектрической пленкой, воздушным промежутком, диэлектрическими материалами, комбинированной изоляцией.<br>Многоэмиттерные и многоколлекторные транзисторы. Транзисторы с диодом Шоттки. Транзисторы p-n-p структуры для интегральных схем и новые структуры транзисторов. Диоды | 6 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |



Согласована на портале № 10685

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | интегральных схем.<br>Эквивалентная схема и модель интегрального биполярного транзистора.<br>Четырехслойные тиристорные структуры. | | |
| 4. | Полевые транзисторы интегральных схем. | ПТ с управляющим p-n переходом. Устройство ПТ. Принцип действия. Явление отсечки канала, UOTC. Причины, приводящие к отсечке тока и приращения тока. Процессы в ПТ после отсечки приращения тока. Качественный вид выходных ВАХ. Расчет выходных ВАХ ПТ с управляющим переходом. Передаточная характеристика. Основные характеристики усилительного режима: крутизна, внутреннее сопротивление, коэффициент усиления по напряжению. Эквивалентная схема ПТ с управляющим переходом. Граничная частота, критерий граничной частоты. Схемы замещения для НЧ и ВЧ для трех схем включения ПТ.<br>Полевые транзисторы с изолированным затвором и индуцированным каналом (МДП-транзистор). Устройство. Принцип действия. Напряжение<br>Unop. Качественный вид входных и выходных ВАХ МДП-транзистора. Передаточная характеристика. Расчет выходных статических характеристик. Основные параметры усилительного и ключевого режимов работы. Переходные процессы. Комплементарная пара. Эквивалентная схема. Модели МДП-транзистора: динамическая модель малого и большого сигналов. Статическая и динамическая модель мощных ПТ.<br>Полевые транзисторы с изолированным затвором и встроенным каналом. Устройство, принцип действия, эквивалентная схема. Семейство выходных статических характеристик. Передаточные характеристики. Отличие транзистора со встроенным каналом от прибора с индуцированным каналом.<br>Транзисторы с n-каналами и самосовмещенными затворами. Параметры и характеристики транзисторов с короткими каналами. Разновидности полевых транзисторных структур СБИС.<br>Особенности полевых транзисторов с управляющими переходами в интегральном исполнении. Паразитная связь между элементами через полуизолирующую подложку.<br>Интегральные схемы на ПТШ на основе арсенида галлия. НЕМТ-транзисторы. | 4 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| 5. | Пассивные элементы интегральных схем. | Полупроводниковые резисторы, пленочные резисторы, конденсаторы и индуктивности, микрополосковые линии и элементы на их основе. | 1 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| 6. | Логические элементы на биполярных и полевых транзисторах. | Классификация логических элементов. Основные характеристики и параметры логических элементов. Элементы транзисторно-транзисторной логики. Элементы эмиттерно-связанной логики. Логические элементы БИС с инжекционным питанием. Элементы Шоттки-транзисторной логики и интегральной Шоттки-логики.<br>Инвертор на n-канальных МДП-транзисторах. Инвертор на комплементарных транзисторах. Логические элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ. Логические элементы динамического типа. Логические элементы сверхскоростных микросхем на МЕП-транзисторах. | 2 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| 7. | Элементы памяти. | Элементы памяти статического типа на МДП-транзисторах. Элементы памяти динамического типа на МДП-транзисторах. Элементы микросхем репрограммируемых постоянных запоминающих устройств. Элементы памяти на биполярных транзисторах. | 1 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |
| 8. | Цифровые и аналоговые интегральные схемы. | Триггеры. Полупроводниковые микросхемы памяти. Микропроцессоры и микро-ЭВМ. Логические БИС. | 2 | ПК-1; ПСК-1; ПСК-3 |



Согласована на портале № 10685

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

| № п/п | Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | № № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| **Предшествующие дисциплины** | | | | | | | | | |
| 1. | физика | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 2. | теоретические основы электротехники | - | + | + | + | + | + | + | + |
| 3. | физика конденсированного состояния | + | - | + | + | - | - | - | - |
| 4. | материалы электронной техники | + | - | + | + | - | - | - | - |
| **Последующие дисциплины** | | | | | | | | | |
| 1 | твердотельная электроника | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 | наноэлектроника | + | - | + | + | - | - | - | - |
| 3 | физика полупроводников | + | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | элементы и приборы наноэлектроники | + | + | + | + | + | + | + | + |

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Перечень компетенций | Виды занятий | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| | Л | ПЗ | СРС | |
| ПК-1 | + | + | + | Опрос на лекциях. Отчет по практической работе. Результаты контрольных работ. Защита индивидуального задания. |
| ПСК-1 | + | + | + | Опрос на лекциях. Отчет по практической работе. Результаты контрольных работ. Защита индивидуального задания. |
| ПСК-3 | + | + | + | Опрос на лекциях. Отчет по практической работе. Результаты контрольных работ. Защита индивидуального задания. |

## 6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

### Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы / Формы | Лекции (час) | Практические занятия (час) | Всего |
|---|---|---|---|
| *Мультимедийные презентации с видеороликами и раздаточным материалом с последующим обсуждением* | 4 | 4 | 8 |
| *Работа в команде* | - | 6 | 6 |
| Итого интерактивных занятий | 4 | 10 | 14 |

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

не предусмотрено



Согласована на портале № 10685

## 8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика практических занятий | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 3 | Схемы включения и режимы работы биполярного транзистора. | 1 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 2. | 3 | Расчет внутренних параметров биполярного транзистора. | 2 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 3. | 3 | Расчет внешних параметров биполярного транзистора. | 2 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 4. | 3 | Эффект Эрли в биполярных транзисторах. | 1 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 5. | 3 | Частотные свойства биполярного транзистора. | 2 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 6. | 3 | Определение малосигнальных параметров биполярного транзистора. | 2 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 7. | 3 | Определение параметров эквивалентной схемы биполярного транзистора. | 2 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 8. | 4 | Расчет параметров полевых транзисторов. | 2 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 9. | 3 | КР №1 «Расчет параметров биполярных транзисторов». | 2 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |
| 10. | 3 | КР №2 «Расчет малосигнальных параметров и параметров эквивалентных схем биполярного транзистора» | 2 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 |

## 9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | № раздела дисциплины | Тематика самостоятельной работы *(детализация)* | Трудоемкость (час.) | Компетенции ОК, ПК, ПСК | Контроль выполнения работы |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 2-8 | Проработка лекционного материала | 10 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 | Опрос на лекциях |
| 2. | 3-4 | Проработка лекционного материала при подготовке к практическим занятиям | 10 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 | Отчет по практической работе |
| 3. | 3 | Проработка лекционного материала при подготовке к контрольным работам | 4 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 | Результаты контрольных работ |
| 4. | 3-4 | Выполнение и защита индивидуальных заданий. | 12 | ОПК-2; ПК-1; ПСК-3 | Защита индивидуального задания |

## 10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

не предусмотрено

## 11. РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

**Таблица 11.1. Балльные оценки для элементов контроля**

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| Индивидуальное задание №1 | 10 | | | **10** |
| Индивидуальное задание №2 | | 10 | | **10** |
| Индивидуальное задание №3 | | | 10 | **10** |
| Контрольная работа КР-1 | 15 | | | **15** |
| Контрольная работа КР-2 | | 15 | | **15** |
| Отчеты по практическим занятиям | 10 | 5 | 10 | **25** |
| Компонент своевременности | 3 | 3 | 3 | **9** |
| Посещение занятий | 2 | 2 | 2 | **6** |
| **Итого максимум за период:** | **40** | **35** | **25** | **100** |
| **Нарастающим итогом** | **40** | **75** | **100** | **100** |

Согласована на портале № 10685

**Таблица 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки**

| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

**Таблица 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку**

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | **90 – 100** | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | **85 – 89** | B (очень хорошо) |
| | **75 – 84** | C (хорошо) |
| | **70 – 74** | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | **65 – 69** | |
| | **60 – 64** | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно), (не зачтено) | **Ниже 60 баллов** | F (неудовлетворительно) |

**Вопросы для подготовки к зачету:**

1. Классификация интегральных микросхем по различным признакам.
2. Классификация интегральных микросхем по технологическим признакам: полупроводниковые, гибридные и прочие микросхемы.
3. Микросхемы на биполярных и МДП-элементах.
4. Цифровые и аналоговые микросхемы.
5. Интегральные микросхемы малой, средней и большой степени интеграции, сверхбольшие интегральные микросхемы.
6. Биполярный транзистор (БТ): определение, схемы включения, режимы работы.
7. Дрейфовый и бездрейфовый БТ.
8. Схема потоков носителей в БТ.
9. Внутренние параметры БТ: $\gamma$, $\alpha$П, $\alpha^*$.
10. Внешние параметры БТ: $\alpha$, $\beta$.
11. Статические характеристики БТ.
12. Усилительные свойства БТ.
13. Частотные параметры БТ.
14. Эквивалентная схема БТ.
15. БТ как четырехполюсник. Система y, z, h – параметров.
16. Мощные БТ.
17. Лавинный БТ.
18. Однопереходный транзистор.
19. Инжекционный транзистор.
20. Шумы в БТ.
21. Модель Эберса–Молла.
22. Классификация и маркировка БТ.
23. Полевые транзисторы (ПТ): определение, виды.
24. ПТ с управляющим переходом и барьером Шоттки.
25. ПТ с индуцированным и встроенным каналом.
26. Комплементарная пара. Параметры ПТ. Достоинства и недостатки.
27. Вертикальный МДП-транзистор.
28. ПТШ.
29. Тиристоры: определение, виды.
30. Принцип действия диодного тиристора.
31. Триодный тиристор.
32. Симметричный тиристор.
33. Полупроводниковые датчики, преобразователи.
34. Методы изоляции.
35. Многоэмиттерный и многоколлекторный БТ.



Согласована на портале № 10685

36. Вертикальный и горизонтальный транзистор.
37. Полупроводниковые резисторы, пленочные резисторы, конденсаторы и индуктивности, микрополосковые линии и элементы на их основе.
38. Классификация логических элементов.
39. Основные характеристики и параметры логических элементов.
40. Элементы транзисторно-транзисторной логики.
41. Элементы эмиттерно-связанной логики.
42. Логические элементы БИС с инжекционным питанием.
43. Элементы Шоттки-транзисторной логики и интегральной Шоттки-логики.
44. Инвертор на n-канальных МДП-транзисторах.
45. Инвертор на комплементарных транзисторах.
46. Логические элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ.
47. Логические элементы динамического типа.
48. Логические элементы сверхскоростных микросхем на МЕП-транзисторах.
49. Элементы памяти статического типа на МДП-транзисторах.
50. Элементы памяти динамического типа на МДП-транзисторах.
51. Элементы микросхем репрограммируемых постоянных запоминающих устройств.
52. Элементы памяти на биполярных транзисторах.
53. Триггеры.
54. Полупроводниковые микросхемы памяти.
55. Микропроцессоры и микро-ЭВМ.

## 12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 12.1 Основная литература

1. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники. – Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 496 с. – [электронный ресурс]. – http://lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=68&pl1_id=952

### 12.2 Дополнительная литература

1. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2004. – 488 с. **(224)**
2. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. – М.: Высшая школа, 2006. – 480 с. **(98)**
3. Троян П.Е. Микроэлектроника. Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2007. – 346 с. **(50)**
4. Щука А.А. Электроника. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 800 с. **(3)**

### 12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Троян П.Е. Микроэлектроника. Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе. – Томск: ТУСУР, 2007. – 103 с. **(50)**

### 12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина» – Режим доступа: http://www.ph4s.ru/
2. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: http://window.edu.ru/
3. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: http://elibrary.ru
4. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/

## 13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации программы учебной дисциплины требуется аудитория, оснащенная мультимедийным проектором.



Согласована на портале № 10685

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

**УТВЕРЖДАЮ**
**Директор департамента образования**
**(Проректор по учебной работе)**
_____ **П.Е. Троян**
«30» 09 2016 г.

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
# МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

**Уровень основной образовательной программы** бакалавриат

**Направления подготовки** **11.03.04** «Электроника и наноэлектроника»

**Профиль** Микроэлектроника и твердотельная электроника

**Форма обучения** очная

**Факультет** электронной техники (ФЭТ)

**Кафедра** физической электроники (ФЭ)

**Курс** 2 **Семестр** 4

**Учебный план набора 2014 года.**

**Зачет** 4 **семестр**

**Разработчики:**
Профессор кафедры ФЭ _____ / П.Е. Троян
Ассистент кафедры ФЭ _____ / В.В. Каранский

Томск 2016



Согласована на портале № 10685

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе учебной дисциплины «Микроэлектроника» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по учебной дисциплине «Микроэлектроника» используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Микроэлектроника» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции |
|---|---|---|
| ПК-1 | - способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования. | *знать* эквивалентные схемы и функциональные электрические модели биполярных и полевых транзисторов интегральных схем;<br>*уметь* представлять элементы интегральных схем в виде моделей и эквивалентных схем;<br>*владеть* навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |
| ПСК-1 | - способность владеть современными методами расчета и проектирования изделий микроэлектроники и твердотельной электроники, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования. | *знать* устройство, принцип действия и основные характеристики основных элементов интегральных схем – биполярных и полевых транзисторов и особенности их работы в интегральных схемах;<br>*уметь* определять путем измерений и расчетов параметры пассивных и активных элементов интегральных схем;<br>*уметь* экспериментально определять параметры твердотельных приборов и элементов микросистемной техники;<br>*владеть* навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |
| ПСК-3 | - готовность к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники. | *знать* функциональные электрические модели приборов и методы определения параметров моделей;<br>*уметь* производить выбор интегральной схемы для создания устройств микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*владеть* навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |

## 2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1 Компетенция ПК-1

**ПК-1 способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования**

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | *знает* эквивалентные схемы и функциональные электрические модели биполярных и полевых транзисторов интегральных схем; | *умеет* представлять элементы интегральных схем в виде моделей и эквивалентных схем; | *владеет* навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |

Согласована на портале № 10685

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Виды занятий** | Лекции;<br>Практические занятия;<br>Групповые консультации | Практические занятия;<br>Индивидуальное задание;<br>Самостоятельная работа | Индивидуальное задание;<br>Самостоятельная работа |
| **Используемые средства оценивания** | Опрос на лекции;<br>Практическое задание (защита);<br>Контрольная работа;<br>Индивидуальное задание (защита);<br>Зачет | Практическое задание (выполнение, оформление);<br>Индивидуальное задание (выполнение, оформление); | Зачет |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| **Хорошо (базовый уровень)** | знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | обладает базовыми общими знаниями | обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | работает при прямом наблюдении |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | *понимает* связь между параметрами и характеристиками эквивалентных схем приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;<br>*определяет* экспериментальными методами параметры эквивалентных схем приборов электроники и наноэлектроники;<br>*физически аргументирует* выбор и план решения задачи;<br>*графически иллюстрирует* задачу | *свободно применяет* методы решения нетиповых задач;<br>*умеет* математически описывать связь между параметрами эквивалентных схем полупроводниковых приборов;<br>*умеет* использовать стандартные программные средства для компьютерного моделирования устройств и установок электроники и наноэлектроники;<br>умеет строить простейшие математические и физические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники | *свободно владеет* разными способами представления физической информации в графической и математической форме;<br>*способен организовать* работу в междисциплинарной команде;<br>*демонстрирует способность* корректно давать оценку проделанной работе;<br>*классифицирует* устройства и установки электроники и наноэлектроники по их функциональному назначению |



Согласована на портале № 10685

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Хорошо (базовый уровень)** | *распознает* эквивалентные схемы устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;<br>*знает* принцип действия основных классов устройств электроники и наноэлектроники;<br>*составляет* план решения задачи | *самостоятельно подбирает* и готовит для эксперимента необходимое оборудование;<br>*применяет* методы решения нетиповых задач;<br>*умеет строить* простейшие физические и математические модели приборов электроники и наноэлектроники | *владеет* разными способами представлениями информации;<br>*способен организовать* работу в междисциплинарной команде;<br>*способен классифицировать* приборы и устройства электроники и наноэлектроники и элементы интегральных схем |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | *дает* определения основных понятий;<br>*распознает* эквивалентные схемы основных устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;<br>*знает* принцип действия основных классов приборов электроники и наноэлектроники | *умеет* работать со справочной литературой;<br>*использует* приборы, указанные в описании лабораторной работы;<br>*умеет* представлять результаты своей работы | *владеет* терминологией в предметной области знания;<br>*владеет* навыками практической работы с приборами электроники и наноэлектроники и элементами электронных схем |

## 2.2 Компетенция ПСК-1

**ПСК-1 способность владеть современными методами расчета и проектирования изделий микроэлектроники и твердотельной электроники, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования**

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | *знать* устройство, принцип действия и основные характеристики основных элементов интегральных схем – биполярных и полевых транзисторов и особенности их работы в интегральных схемах; | *уметь* определять путем измерений и расчетов параметры пассивных и активных элементов интегральных схем;<br>*уметь* экспериментально определять параметры твердотельных приборов и элементов микросистемной техники; | *владеть* навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |
| **Виды занятий** | Лекции;<br>Практические занятия;<br>Групповые консультации | Практические занятия;<br>Индивидуальное задание;<br>Самостоятельная работа | Индивидуальное задание;<br>Самостоятельная работа |
| **Используемые средства оценивания** | Опрос на лекции;<br>Практическое задание (защита);<br>Контрольная работа;<br>Индивидуальное задание (защита);<br>Зачет | Практическое задание (выполнение, оформление);<br>Индивидуальное задание (выполнение, оформление); | Зачет |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Согласована на портале № 10685

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | *понимает* связь между параметрами и характеристиками эквивалентных схем приборов микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*называет* основные технические характеристики основных устройств и приборов электроники и наноэлектроники;<br>*аргументирует* выбор метода расчета основных параметров эквивалентных схем приборов микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*физически аргументирует* выбор и план решения задачи;<br>*графически иллюстрирует* задачу | *свободно применяет* методы решения нетиповых задач;<br>*умеет* математически описывать связь между параметрами эквивалентных схем полупроводниковых приборов;<br>*умеет выбирать* метод расчета основных параметров эквивалентных схем приборов микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*умеет* использовать стандартные программные средства для проектирования приборов микроэлектроники и твердотельной электроники | *свободно владеет* разными способами представления физической информации в графической и математической форме;<br>*владеет* современными методами расчета и проектирования приборов микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*способен организовать* работу в междисциплинарной команде;<br>*демонстрирует способность* корректно давать оценку проделанной работе;<br>*классифицирует* устройства и установки электроники и наноэлектроники по их функциональному назначению |
| **Хорошо (базовый уровень)** | *знает* принцип действия основных приборов микроэлектроники и твердотельной электроники и их основные технические характеристики;<br>*определяет* методы расчета параметров приборов микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*составляет* план решения задачи | *самостоятельно подбирает* и готовит для эксперимента необходимое оборудование;<br>*применяет* методы решения нетиповых задач;<br>*умеет рассчитывать* основные параметры приборов и устройств микроэлектроники и твердотельной электроники и их схем замещения | *владеет* разными способами представлениями информации;<br>*способен организовать* работу в междисциплинарной команде;<br>*способен классифицировать* приборы и устройства микроэлектроники и твердотельной электроники и элементы интегральных схем |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | *дает* определения основных понятий;<br>*распознает* эквивалентные схемы основных устройств микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*знает* принцип действия основных классов приборов микроэлектроники и твердотельной электроники | *умеет* работать со справочной литературой;<br>*использует* приборы, указанные в описании лабораторной работы;<br>*умеет* представлять результаты своей работы | *владеет* терминологией в предметной области знания;<br>*владеет* навыками практической работы с приборами микроэлектроники и твердотельной электроники |

## 2.3 Компетенция ПСК-3

**ПСК-3 готовность к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники**

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Содержание этапов формирования компетенции, виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания



Согласована на портале № 10685

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Содержание этапов** | *знать* функциональные электрические модели приборов и методы определения параметров моделей; | *уметь* производить выбор интегральной схемы для создания устройств микроэлектроники и твердотельной электроники; | *владеет* навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |
| **Виды занятий** | Лекции;<br>Практические занятия;<br>Групповые консультации | Практические занятия;<br>Индивидуальное задание;<br>Самостоятельная работа | Индивидуальное задание;<br>Самостоятельная работа |
| **Используемые средства оценивания** | Опрос на лекции;<br>Практическое задание (защита);<br>Контрольная работа;<br>Индивидуальное задание (защита);<br>Зачет | Практическое задание (выполнение, оформление);<br>Индивидуальное задание (выполнение, оформление); | Зачет |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2 в п. 2.1.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| **Отлично (высокий уровень)** | *понимает* разницу между функциональными и электрическими моделями приборов микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*аргументирует* выбор метода определения параметров функциональных и электрических моделей приборов микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*физически аргументирует* выбор и план решения по определения параметров моделей приборов микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*графически иллюстрирует* основные зависимости функциональных и электрических моделей приборов микроэлектроники и твердотельной электроники | *свободно применяет* методы решения нетиповых задач;<br>*умеет* математически описывать связь между параметрами электронной схемы;<br>*умеет выбирать* метод расчета основных параметров электронной схемы, обеспечивая при этом высокую надежность электрических схем | *свободно владеет* разными способами представления физической информации в графической и математической форме;<br>*способен организовать* работу в междисциплинарной команде;<br>*демонстрирует способность* корректно давать оценку проделанной работе<br>*проводит* опытно-конструкторские работы в области производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники |
| **Хорошо (базовый уровень)** | *распознает* функциональные и электрические модели приборов микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*знает* принцип действия функциональных и электрических моделей приборов микроэлектроники и твердотельной электрони- | *самостоятельно подбирает* и готовит для эксперимента необходимое оборудование;<br>*применяет* методы решения нетиповых задач;<br>*умеет рассчитывать* основные параметры электронных схем, обеспечивая при этом высокую надеж- | *владеет* разными способами представлениями информации;<br>*способен организовать* работу в междисциплинарной команде;<br>*способен классифицировать* полупроводниковые приборы и элементы интегральных схем |



Согласована на портале № 10685

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ки;<br>*определяет* методы расчета параметров функциональных и электрических моделей приборов микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*составляет* план решения задачи | ность схем | |
| **Удовлетворительно (пороговый уровень)** | *дает* определения основных понятий;<br>*распознает* функциональные и электрические модели приборов микроэлектроники и твердотельной электроники;<br>*знает* принцип действия функциональных и электрических моделей приборов микроэлектроники и твердотельной электроники | *умеет* работать со справочной литературой;<br>*использует* приборы, указанные в описании лабораторной работы;<br>*умеет* представлять результаты своей работы | *владеет* терминологией в предметной области знания;<br>*владеет* навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем |

## 3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

– типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе: контрольные работы, индивидуальные задания, практические задания, самостоятельная работа, зачет.

### 3.1 Контрольные работы

1. Расчет параметров биполярных транзисторов.
2. Расчет малосигнальных параметров и параметров эквивалентных схем биполярного транзистора.

### 3.2 Индивидуальные задания

1. Физические параметры биполярного транзистора.
2. Малосигнальные параметры биполярного транзистора.
3. Полевые транзисторы.

### 3.3 Темы для самостоятельной работы

1. Классификация интегральных микросхем.
2. Биполярные транзисторы интегральных схем.
3. Полевые транзисторы интегральных схем.
4. Пассивные элементы интегральных схем.
5. Логические элементы на биполярных и полевых транзисторах.
6. Элементы памяти.
7. Цифровые и аналоговые интегральные схемы.

### 3.4 Зачет

1. Классификация интегральных микросхем по различным признакам.
2. Классификация интегральных микросхем по технологическим признакам: полупроводниковые, гибридные и прочие микросхемы.
3. Микросхемы на биполярных и МДП-элементах.
4. Цифровые и аналоговые микросхемы.
5. Интегральные микросхемы малой, средней и большой степени интеграции, сверхбольшие интегральные микросхемы.



Согласована на портале № 10685

6. Биполярный транзистор (БТ): определение, схемы включения, режимы работы.
7. Дрейфовый и бездрейфовый БТ.
8. Схема потоков носителей в БТ.
9. Внутренние параметры БТ: $\gamma$, $\alpha\Pi$, $\alpha^*$.
10. Внешние параметры БТ: $\alpha$, $\beta$.
11. Статические характеристики БТ.
12. Усилительные свойства БТ.
13. Частотные параметры БТ.
14. Эквивалентная схема БТ.
15. БТ как четырехполюсник. Система y, z, h – параметров.
16. Мощные БТ.
17. Лавинный БТ.
18. Однопереходный транзистор.
19. Инжекционный транзистор.
20. Шумы в БТ.
21. Модель Эберса–Молла.
22. Классификация и маркировка БТ.
23. Полевые транзисторы (ПТ): определение, виды.
24. ПТ с управляющим переходом и барьером Шоттки.
25. ПТ с индуцированным и встроенным каналом.
26. Комплементарная пара. Параметры ПТ. Достоинства и недостатки.
27. Вертикальный МДП-транзистор.
28. ПТШ.
29. Тиристоры: определение, виды.
30. Принцип действия диодного тиристора.
31. Триодный тиристор.
32. Симметричный тиристор.
33. Полупроводниковые датчики, преобразователи.
34. Методы изоляции.
35. Многоэмиттерный и многоколлекторный БТ.
36. Вертикальный и горизонтальный транзистор.
37. Полупроводниковые резисторы, пленочные резисторы, конденсаторы и индуктивности, микрополосковые линии и элементы на их основе.
38. Классификация логических элементов.
39. Основные характеристики и параметры логических элементов.
40. Элементы транзисторно-транзисторной логики.
41. Элементы эмиттерно-связанной логики.
42. Логические элементы БИС с инжекционным питанием.
43. Элементы Шоттки-транзисторной логики и интегральной Шоттки-логики.
44. Инвертор на n-канальных МДП-транзисторах.
45. Инвертор на комплементарных транзисторах.
46. Логические элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ.
47. Логические элементы динамического типа.
48. Логические элементы сверхскоростных микросхем на МЕП-транзисторах.
49. Элементы памяти статического типа на МДП-транзисторах.
50. Элементы памяти динамического типа на МДП-транзисторах.
51. Элементы микросхем репрограммируемых постоянных запоминающих устройств.
52. Элементы памяти на биполярных транзисторах.
53. Триггеры.
54. Полупроводниковые микросхемы памяти.
55. Микропроцессоры и микро-ЭВМ.

## 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

### 4.1 Основная литература

1. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Основы микроэлектроники и микропроцессорной тех-



Согласована на портале № 10685

ники. – Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 496 с. – [электронный ресурс]. – http://lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=68&pl1_id=952

### 4.2 Дополнительная литература

1. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2004. – 488 с. **(224)**
2. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. – М.: Высшая школа, 2006. – 480 с. **(98)**
3. Троян П.Е. Микроэлектроника. Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, 2007. – 346 с. **(50)**
4. Щука А.А. Электроника. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 800 с. **(3)**

### 4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Троян П.Е. Микроэлектроника. Учебно-методическое пособие по практическим занятиям и самостоятельной работе. – Томск: ТУСУР, 2007. – 103 с. **(50)**

### 4.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина» – Режим доступа: http://www.ph4s.ru/
2. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: http://window.edu.ru/
3. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: http://elibrary.ru
4. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: http://edu.tusur.ru/



Согласована на портале № 10685

Согласована на портале № 10685