

## МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение  
высшего образования«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

## УТВЕРЖДАЮ

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

« 30 » \_\_\_\_\_ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Профиль Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике

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

Зачет 4 семестр

Томск 2016




## Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 6 марта 2015 г. № 177, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физической электроники от « 8 » 09 2016 г., протокол № 73.

### Разработчики:

Профессор кафедры ФЭ


 / П.Е. Троян

Ассистент кафедры ФЭ

 / В.В. Каранский


### Заведующий кафедрой

Профессор кафедры ФЭ

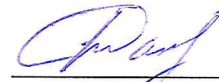
 / П.Е. Троян

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



## **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 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

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, нанoeлектроника, физика полупроводников, элементы и приборы нанoeлектроники.

## **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

- способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий (ПК-1);

- способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микро- и нанoeлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования (ПК-1);

- готовность к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий нанoeлектроники и микросистемной техники (ПК-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.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
В том числе:	-	-
Лекции	18	18
Практические занятия	18	18
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
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
<b>ИТОГО</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	

##### 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

		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.	<p>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.</p> <p>Динамические характеристики БТ. Области активной работы, режима отсечки и насыщения. Предельные режимы по току и напряжению.</p> <p>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.</p> <p>Переходные процессы в БТ для включения с ОБ и ОЭ. Характеристики переходных процессов: <math>t_z</math>, <math>t_n</math>, <math>t_{расс}</math>, <math>t_{сп}</math>, <math>t_{вкл}</math>, <math>t_{выкл}</math>. Описание переходных процессов методом заряда.</p> <p>Температурные зависимости динамических характеристик. Зависимость коэффициентов передачи токов эмиттера и базы от температуры. Термостабильность схем с ОБ и ОЭ.</p> <p>Описание БТ как линейного четырехполюсника. Система <math>u</math>-, <math>z</math>- и <math>h</math>- параметров. Схемы замещения БТ в <math>u</math>-, <math>z</math>- и <math>h</math>- параметрах. Переход от одной системы параметров к другой. Смысл <math>h</math>-параметров. Взаимосвязь <math>h</math>-параметров с физическими параметрами БТ. Расчет <math>h</math>-параметров по физическим параметрам БТ и наоборот. Методы определения <math>h</math>-параметров.</p> <p>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 <math>I_{э}</math>, <math>T</math> и <math>U_{к}</math>.</p> <p>П-образная и гибридная эквивалентные схемы.</p> <p>Мощные БТ. Составной транзистор (транзистор Дарлингтона). Лавинный транзистор. Однопереходный транзистор. Инжекционный транзистор. IGBT-транзистор.</p> <p>Модели БТ: Эберса-Молла, зарядоуправляемая. Шумы в БТ: определение шума, виды шумов, их зависимость от частоты, <math>I_{э}</math>, <math>U_{к}</math>.</p> <p>Особенности структур биполярных транзисторов интегральных схем. Методы изоляции в интегральных схемах: обратномещенным p-n переходом, диэлектрической пленкой, воздушным промежутком, диэлектрическими материалами, комбинированной изоляцией.</p> <p>Многозмиттерные и многоколлекторные транзисторы. Транзисторы с диодом Шоттки. Транзисторы p-n-p структуры для интегральных схем и новые структуры транзисторов. Диоды</p>	6	ПК-1; ПСК-1; ПСК-3

		интегральных схем. Эквивалентная схема и модель интегрального биполярного транзистора. Четырехслойные тиристорные структуры.		
4.	Полевые транзисторы интегральных схем.	<p>ПТ с управляющим р-п переходом. Устройство ПТ. Принцип действия. Явление отсечки канала, U<sub>ОТС</sub>. 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.</p> <p>Полевые транзисторы с изолированным затвором и индуцированным каналом (МДП-транзистор). Устройство. Принцип действия. Напряжение</p> <p>Упор. 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.</p> <p>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.</p> <p>Транзисторы с n-каналами и самосовмещенными затворами. Параметры и характеристики транзисторов с короткими каналами. Разновидности полевых транзисторных структур СВИС.</p> <p>Особенности полевых транзисторов с управляющими переходами в интегральном исполнении. Паразитная связь между элементами через полуизолирующую подложку.</p> <p>Интегральные схемы на ПТШ на основе арсенида галлия. НЕМТ-транзисторы.</p>	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.	<p>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.</p> <p>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 МЭП-транзисторах.</p>	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



### 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
<b>Предшествующие дисциплины</b>									
1.	физика	+	+	+	+	+	+	+	+
2.	теоретические основы электротехники	-	+	+	+	+	+	+	+
3.	физика конденсированного состояния	+	-	+	+	-	-	-	-
4.	материалы электронной техники	+	-	+	+	-	-	-	-
<b>Последующие дисциплины</b>									
1	твердотельная электроника	+	+	+	+	+	+	+	+
2	нанoeлектроника	+	-	+	+	-	-	-	-
3	физика полупроводников	+	-	-	-	-	-	-	-
4	элементы и приборы нанoeлектроники	+	+	+	+	+	+	+	+

### 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
<i>Мультимедийные презентации с видеороликами и раздаточным материалом с последующим обсуждением</i>		4	4	8
<i>Работа в команде</i>		-	6	6
Итого интерактивных занятий		4	10	14

## 7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

не предусмотрено

## 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
<b>Итого максимум за период:</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>25</b>	<b>100</b>
<b>Нарастающим итогом</b>	<b>40</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**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	E (посредственно)
	60 – 64	F (неудовлетворительно)
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:  $\gamma$ ,  $\alpha_P$ ,  $\alpha^*$ .
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, плёночные 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 МЭП-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](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.

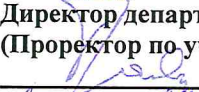
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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 » \_\_\_\_\_ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Профиль Нанотехнологии в электронике и микросистемной техник

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  
Ассистент кафедры ФЭ

 / П.Е. Троян  
 / В.В. Каранский

Томск 2016



## 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 проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий;	<i>знать</i> эквивалентные схемы и функциональные электрические модели биполярных и полевых транзисторов интегральных схем; <i>уметь</i> представлять элементы интегральных схем в виде моделей и эквивалентных схем; <i>владеть</i> навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем
ПСК-1	- способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микро- и наноэлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования;	<i>знать</i> устройство, принцип действия и основные характеристики основных элементов интегральных схем – биполярных и полевых транзисторов и особенности их работы в интегральных схемах; <i>уметь</i> определять путем измерений и расчетов параметры пассивных и активных элементов интегральных схем; <i>уметь</i> экспериментально определять параметры твердотельных приборов и элементов микросистемной техники; <i>владеть</i> 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 наноэлектроники и микросистемной техники.	<i>знать</i> функциональные электрические модели приборов и методы определения параметров моделей; <i>уметь</i> производить выбор интегральной схемы для создания устройств микроэлектроники и твердотельной электроники; <i>владеть</i> навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем

## 2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

### 2.1 Компетенция ПК-1

**ПК-1** способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий

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	<i>знает</i> эквивалентные схемы и функциональные электрические модели биполярных и полевых транзисторов интегральных схем;	<i>умеет</i> представлять элементы интегральных схем в виде моделей и эквивалентных схем;	<i>владеет</i> навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем
Виды занятий	Лекции; Практические занятия;	Практические занятия; Индивидуальное задание;	Индивидуальное задание; Самостоятельная работа

	Групповые консультации	Самостоятельная работа	
<b>Используемые средства оценивания</b>	Опрос на лекции; Практическое задание (защита); Контрольная работа; Индивидуальное задание (защита); Зачет	Практическое задание (выполнение, оформление); 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
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	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
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	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
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	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
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<i>понимает</i> связь между параметрами и характеристиками эквивалентных схем приборов нано- и микросистемной техники; <i>определяет</i> экспериментальными методами параметры эквивалентных схем приборов нано- и микросистемной техники; <i>физически аргументирует</i> выбор и план решения задачи; <i>графически иллюстрирует</i> задачу	<i>свободно применяет</i> методы решения нетиповых задач; <i>умеет</i> математически описывать связь между параметрами эквивалентных схем полупроводниковых приборов; <i>умеет</i> использовать стандартные программные средства для компьютерного моделирования нано- и микросистемной техники; <i>умеет</i> строить простейшие математические и физические модели приборов, схем, устройств и установок нано- и микросистемной техники	<i>свободно владеет</i> разными способами представления физической информации в графической и математической форме; <i>способен организовать</i> работу в междисциплинарной команде; <i>демонстрирует способность</i> корректно давать оценку проделанной работе; <i>классифицирует</i> устройства и установки нано- и микросистемной техники
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<i>распознает</i> эквивалентные схемы устройств нано- и микросистемной техники; <i>знает</i> принцип действия	<i>самостоятельно подбирает</i> и готовит для эксперимента необходимое оборудование;	<i>владеет</i> разными способами представлениями информации; <i>способен организовать</i> ра-



	основных классов устройств нано- и микросистемной техники; <i>составляет</i> план решения задачи	<i>применяет</i> методы решения нетиповых задач; <i>умеет строить</i> простейшие физические и математические модели приборов нано- и микросистемной техники	боту в междисциплинарной команде; <i>способен классифицировать</i> приборы и устройства нано- и микросистемной техники
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<i>дает</i> определения основных понятий; <i>распознает</i> эквивалентные схемы основных устройств нано- и микросистемной техники; <i>знает</i> принцип действия основных классов приборов электроники и нанoeлектроники	<i>умеет</i> работать со справочной литературой; <i>использует</i> приборы, указанные в описании лабораторной работы; <i>умеет</i> представлять результаты своей работы	<i>владеет</i> терминологией в предметной области знания; <i>владеет</i> навыками практической работы с приборами нано- и микросистемной техники

## 2.2 Компетенция ПСК-1

**ПСК-1** способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микро- и нанoeлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, 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
<b>Содержание этапов</b>	<i>знать</i> устройство, принцип действия и основные характеристики основных элементов интегральных схем – биполярных и полевых транзисторов и особенности их работы в интегральных схемах;	<i>уметь</i> определять путем измерений и расчетов параметры пассивных и активных элементов интегральных схем; <i>уметь</i> экспериментально определять параметры твердотельных приборов и элементов микросистемной техники;	<i>владеть</i> навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем
<b>Виды занятий</b>	Лекции; Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Индивидуальное задание; Самостоятельная работа	Индивидуальное задание; Самостоятельная работа
<b>Используемые средства оценивания</b>	Опрос на лекции; Практическое задание (защита); Контрольная работа; Индивидуальное задание (защита); Зачет	Практическое задание (выполнение, оформление); 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 2.5.

Таблица 2.5 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
-----------------------	-------	-------	---------

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

### 2.3 Компетенция ПСК-3

**ПСК-3** готовность к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий наноэлектроники и микросистемной техники

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

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	<i>знать</i> функциональные электрические модели приборов	<i>уметь</i> производить выбор интегральной схемы для соз-	<i>владеет</i> навыками практической работы с полупровод-

	и методы определения параметров моделей;	дания устройств микроэлектроники и твердотельной электроники;	никовыми приборами и элементами электронных схем
<b>Виды занятий</b>	Лекции; Практические занятия; Групповые консультации	Практические занятия; Индивидуальное задание; Самостоятельная работа	Индивидуальное задание; Самостоятельная работа
<b>Используемые средства оценивания</b>	Опрос на лекции; Практическое задание (защита); Контрольная работа; Индивидуальное задание (защита); Зачет	Практическое задание (выполнение, оформление); 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

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

	техники; <i>составляет</i> план решения задачи		
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<i>дает</i> определения основных понятий; <i>распознает</i> функциональные и электрические модели приборов наноэлектроники и микросистемной техники; <i>знает</i> принцип действия функциональных и электрических моделей приборов наноэлектроники и микросистемной техники	<i>умеет</i> работать со справочной литературой; <i>использует</i> приборы, указанные в описании лабораторной работы; <i>умеет</i> представлять результаты своей работы	<i>владеет</i> терминологией в предметной области знания; <i>владеет</i> 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.
6. Биполярный транзистор (БТ): определение, схемы включения, режимы работы.
7. Дрейфовый и бездрейфовый БТ.
8. Схема потоков носителей в БТ.
9. Внутренние параметры БТ:  $\gamma$ ,  $\alpha_P$ ,  $\alpha^*$ .
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 четырехполосник. 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 МЭП-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 техники. – Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2013. – 496 с. – [электронный ресурс]. – [http://lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=68&pl1\\_id=952](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/>