

**ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ)
УНИВЕРСИТЕТ**

Составлен в соответствии с
государственными требованиями к
минимуму содержания и уровню
подготовки выпускников по
направлению 11.03.04 Электроника и
нанoeлектроника и Положением «Об
УМКД РАУ».

УТВЕРЖДАЮ:



Инженерно-физический институт

Кафедра Технологии материалов и структур электронной техники

Автор: Профессор, д.т.н., Петросян Олег Арутюнович

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Дисциплина: Б1.В.ДВ.06.02 «Микроэлектроника»

Направление: 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

ЕРЕВАН 2023

1. Аннотация

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины.

В курсе излагаются основные конструктивные, технологические и схемотехнические аспекты микроэлектроники. Дается представление об уровне современной микроэлектроники, ее методах, средствах, проблемах и перспективах. Производится классификация интегральных микросхем (ИС). В курсе подробно изучаются конструктивные особенности, принципы проектирования и функционирования элементов ИС: диодов; транзисторов; цифровых и аналоговых логических элементов; Излагаются основные технологические методы и типовые маршруты производства ИС, а также способы контроля и оценки их структурных, геометрических, электрофизических и функциональных параметров. Освещаются основные положения и направления развития микроэлектроники; конструктивные особенности ИС и их элементы; основные этапы и особенности микроэлектронной технологии; методы контроля и оценки надежности; возможности развития микроэлектроники.

1.2. Выписка из ФГОС ВПО РФ по минимальным требованиям к дисциплине

В результате изучения курса лекций по предмету «Микроэлектроника» студент должен: **знать** конструктивно-технологические и схемотехнические особенности проектирования, изготовления и контроля полупроводниковых приборов и ИС;

уметь правильно выбирать конструкцию и технологию изготовления компонентов ИС, моделировать и понимать работу логических элементов и микропроцессоров, проводить сравнительную технико-экономическую оценку микроэлектронной продукции.

владеть модельным, математическим и компьютерным инструментарием конструирования, составления технологического маршрута и расчета параметров микроэлектронных приборов и ИС.

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

Данная дисциплина взаимосвязана с такими дисциплинами как: твердотельная электроника;

наноэлектроника; технология полупроводниковых материалов и приборов,

схемотехника; методы математического моделирования технологических процессов с целью

их оптимизации.

1.4. Требования к исходным уровням знаний, умений и навыков студентов для прохождения дисциплины (что должен знать, уметь и владеть студент для прохождения данной дисциплины)

Студент должен

знать: основы твердотельной электроники, тенденции и перспективы развития микро- и нано-электроники, а также смежных областей науки и техники; элементный базис интегральных схем, специальные вопросы технологии микроэлектроник в объеме стандартных курсов бакалавриата данного направления;

уметь: составлять алгоритм решения математической модели, писать компьютерную программу на каком либо языке программирования для визуализации результатов теоретических расчетов.

владеть: математическим и компьютерным инструментарием конструирования, составления технологического маршрута и расчета параметров микроэлектронных приборов; методами математического моделирования технологических процессов с целью их оптимизации.

1.5. Предварительное условие для прохождения (дисциплины, изучение которых является необходимой базой для освоения данной дисциплины)

Общий курс физики, физика твердого тела, физика гетероструктур, наноэлектроника, технология полупроводниковых приборов, кристаллография, специальные вопросы технологии микроэлектроники.

2. Содержание

Цель преподавания дисциплины: ознакомление студентов с конструктивно-технологическими и схемотехническими особенностями проектирования, изготовления и функционирования полупроводниковых приборов и ИС.

Учебная задача: изучение основ полупроводниковой микроэлектроники, принципов построения, изготовления и применения полупроводниковых приборов и ИС. На базе этих знаний приобретение навыков моделирования и понимания работы логических элементов, микроконтроллеров и микропроцессоров.

2.1. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

После изучения дисциплины студент должен:

- **знать** конструктивно-технологические и схемотехнические особенности проектирования, изготовления и контроля полупроводниковых приборов и ИС;
- **уметь** правильно выбирать конструкцию и технологию изготовления компонентов ИС, моделировать и понимать работу логических элементов и микропроцессоров, проводить сравнительную технико-экономическую оценку микроэлектронной продукции.
- **иметь** представление о перспективах и направлениях развития микроэлектроники, технологических и фундаментальных ограничениях.
- **владеть** модельным, математическим и компьютерным инструментарием конструирования, составления технологического маршрута и расчета параметров микроэлектронных приборов и ИС.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и кредитах)

2.2.1 Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Всего (ак. час)
Общая трудоемкость изучения дисциплины, в т.ч.:	144
1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	42
1.1. Лекционные занятия	14
1.2. Практические занятия	28
2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	102
2.1. Подготовка к экзаменам	36
2.2. Подготовка к практическим работам	96
Итоговый контроль	экзамен

2.2.2 Распределение объема дисциплины по темам и видам учебной работы

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекционные занятия (ак. часов)	Практические занятия (ак. часов)
1	2	3	6
МОДУЛЬ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ	3	3	
<u>Введение</u>	1	1	-
<u>Раздел 1. Основные положения.</u>	2	2	-
<i>Тема 1.1. Этапы и основные факторы развития микроэлектроники</i>	1	1	-
<i>Тема 1.2. Изделия микроэлектроники: классификация, термины, определения.</i>	1	1	-
МОДУЛЬ 2. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ	40	11	28
<u>Раздел 2. Элементы интегральных схем.</u>	9	4	4
<i>Тема 2.1. Полупроводниковые резисторы и конденсаторы.</i>	1	1	
<i>Тема 2.2. Конструкции биполярных транзисторов.</i>	3	1	2
<i>Тема 2.3. Конструкции МДП – транзисторов</i>	4	2	2
<u>Раздел 3. Типовые структуры цифровых и аналоговых схем</u>	15	7	8
<i>Тема 3.1. Классификация электронных схем.</i>	1	1	
<i>Тема 3.2. Логические элементы.</i>	6	2	4
<i>Тема 3.3. Транзисторные ключи и ключевые схемы.</i>	4	2	2
<i>Тема 3.4. Операционные усилители.</i>	4	2	2
<u>Раздел 4. Цифровые устройства комбинационного типа</u>	8	-	8
<i>Тема 4.1. Шифратор, дешифратор</i>	2	-	2
<i>Тема 4.2. Мультиплексор, демultipлексор</i>	2	-	2
<i>Тема 4.3. Сумматоры и цифровые компараторы</i>	2	-	2
<i>Тема 4.4. Умножители</i>	2	-	2
<u>Раздел 5. Цифровые устройства последовательностного типа</u>	4	-	4
<i>Тема 5.1. Триггеры</i>	2	-	2
<i>Тема 5.2. Счетчики</i>	1	-	1
<i>Тема 5.3. Регистры</i>	1	-	1
<u>Раздел 6. Полупроводниковые запоминающие устройства</u>	4	-	4
<i>Тема 6.1. Постоянные запоминающие устройства</i>	2	-	2
<i>Тема 6.2. Оперативные запоминающие устройства</i>	2	-	2
ИТОГО	42	14	28

2.2.3 Содержание разделов и тем дисциплины

МОДУЛЬ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Введение

Раздел 1. Основные положения.

Тема 1.1. Этапы и основные факторы развития микроэлектроники

Тема 1.2. Изделия микроэлектроники: классификация, термины, определения.

МОДУЛЬ 2. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Раздел 2. Элементы интегральных схем.

Тема 2.1. Полупроводниковые резисторы и конденсаторы.

Тема 2.2. Конструкции биполярных транзисторов.

Тема 2.3. Конструкции МДП – транзисторов

Раздел 3. Типовые структуры цифровых и аналоговых схем

Тема 3.1. Классификация электронных схем.

Тема 3.2. Логические элементы.

Тема 3.3. Транзисторные ключи и ключевые схемы.

Тема 3.4. Операционные усилители.

Раздел 4. Цифровые устройства комбинационного типа

Тема 4.1. Шифратор, дешифратор

Тема 4.2. Мультиплексор, демультиплексор

Тема 4.3. Сумматоры и цифровые компараторы

Тема 4.4. Умножители

Раздел 5. Цифровые устройства последовательного типа

Тема 5.1. Триггеры

Тема 5.2. Счетчики

Тема 5.3. Регистры

Раздел 6. Полупроводниковые запоминающие устройства

Тема 6.1. Постоянные запоминающие устройства

Тема 6.2. Оперативные запоминающие устройства

2.3. Распределение весов по модулям и формам контроля

Веса и формы контролей	Веса форм текущих контролей в результирующей оценке текущего контроля			Веса форм промежуточных контролей и результирующей оценки текущего контроля в итоговой оценке промежуточного контроля			Веса итоговых оценок промежуточных контролей в результирующей оценке промежуточного контроля	Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
Вид учебной работы/контроля	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
Контрольная работа		1	1					
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках соответствующих промежуточных контролей					1	1		
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес итоговой оценки 3-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей т.д.							0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0,4
Экзамен/зачет (оценка итогового контроля)								0,6 Экзамен
	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

Теоретический блок

2.4. *Материалы по теоретической части курса*

2.4.1. Учебники

1. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов. - М: Лаборатория Базовых Знаний, 2004 – 488с.
 2. Громов Д. Г. Металлизация ультрабольших интегральных схем: учебное пособие / Д. Г. Громов, А. И. Мочалов, А. Д. Сулимин, В. И. Шевяков. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 277 с.
 3. Красников Г.Я. Конструктивно-технологические особенности субмикронных МОП-транзисторов. Москва: Техносфера, 2011. - 800 с.
 4. Денисенко В.В. Компактные модели МОП-транзисторов для SPICE в микро- и нанoeлектронике. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 408 с.
 5. Горлов, М. И. Современные диагностические методы контроля качества и надежности полупроводниковых изделий / М. И. Горлов, В. А. Сергеев; под науч. ред. М. И. Горлова. – 2-е изд. – Ульяновск : УлГТУ, 2015. – 406 с.
 6. Шалимова К. В. Физика полупроводников: Учебник. 4-е изд., стер. - СПб.: Издательство «Лань», 2010. - 400 с.
 7. Ефимов И.Е., Козырь И.Я., Горбунов Ю. И. Микроэлектроника. М.: Высшая шк. - 1986 - 464 с.
 8. Ефимов И. Е., Козырь И. Я. Е 91 Основы микроэлектроники: Учебник. 3-е изд., стер. - СПб.: Издательство «Лань», 2008. - 384 с.
 9. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань, 2007. – 400 с.
 10. Старосельский, В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники [Текст]: учебник / В.И. Старосельский. – М.: Юрайт, 2016. – 463 с.
 11. Свистова Т.В. Основы микроэлектроники: учеб. Пособие [Электронный ресурс]. - Электрон. текстовые и граф. данные (2,6 Мб) / Т.В. Свистова. - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. – 149с.
 12. Игумнов В.Н. Физические основы микроэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Н. Игумнов. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2014. – 358 с.
 13. Жан М. Рабаи, Ананта Чандракасан, Боривож Николич. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования. Москва. Санкт-Петербург. Киев. 2007. - 894с.
 14. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Т 1,2. – М.: Мир, 1984.
 15. Технология, конструкции методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: ч.1/М.А.Королев, Т.Ю. Крупкина, М.А. Ревелева; под общей ред. Ю.А. Чаплыгина. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. - 397 с.
 16. Технология, конструкции методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: ч.2/М.А.Королев, Т.Ю. Крупкина, М.А. Ревелева; под общей ред. Ю.А. Чаплыгина. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 422 с.
 17. Белоус Л.И., Емельянов В.А., Сякерский В.С. Проектирование интегральных микросхем с пониженным энергопотреблением. Минск. Интегралполиграф. 2009. - 315 с.
-
1. Мосс Т., Баррел Г., Эллис Б. Полупроводниковая оптоэлектроника. - М.-: Мир, 1976.
 2. Шуберт Ф. Светодиоды / Пер. с англ. Под ред. А.Э. Юновича. -2-ое изд. - М.: ФИЗМАТЛИТ , 2008.

2.4.2. Краткий конспект лекций (краткие аннотации по каждой теме)

МОДУЛЬ 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Введение

Предмет дисциплины и ее задачи. Роль микроэлектроники в современной науке и технике. Основные термины и определения.

Раздел 1. Основные положения.

Тема 1.1. Этапы и основные факторы развития микроэлектроники

Основные направления развития электроники в целом, и микроэлектроники, в частности. Поколения элементной базы. Факторы, определяющие развитие микроэлектроники: материалы; технология; оборудование.

Тема 1.2. Изделия микроэлектроники: классификация, термины, определения.

Основные определения, термины. Классификация ИС: полупроводниковые, совмещенные и гибридные ИС; активные и пассивные элементы ИС; ИС на биполярных и МДП - элементах; большие и сверхбольшие ИС.

МОДУЛЬ 2. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Раздел 2. Элементы интегральных схем.

Тема 2.1. Полупроводниковые резисторы и конденсаторы.

Структуры диффузионных и ионно-легированных резисторов. Эквивалентные схемы интегрального резистора. Типичные структуры диффузионного и МОП- конденсаторов , их характеристики и эквивалентные схемы.

Тема 2.2. Конструкции биполярных транзисторов.

Структура простейшего биполярного транзистора. Разновидности биполярных транзисторов: многоэмиттерный; многоколлекторный; с барьером Шоттки. Влияние конструктивных факторов на параметры биполярных транзисторов.

Тема 2.3. Конструкции МДП - транзисторов

Структура МДП транзистора. Структура КМДП транзистора. Влияние конструктивных факторов на параметры МДП транзисторов. Способы улучшения параметров МДП транзисторов.

Раздел 3. Типовые структуры цифровых и аналоговых схем

Тема 3.1. Классификация электронных схем.

Цифровые и аналоговые электронные схемы. Специфика цифровых и аналоговых схем. Передаточные характеристики.

Тема 3.2. Логические элементы.

Логические элементы на биполярных транзисторах. Логические элементы на МДП и КМДП транзисторах. Принципы их проектирования и функционирования. Параметры логических элементов.

Тема 3.3. Транзисторные ключи и ключевые схемы.

Статический режим простейшего биполярного ключа. Рабочие точки. Критерий насыщения. Параллельное соединение ключей. Последовательная ключевая цепочка. Нагрузочная способность ключа. Переходные процессы в простейшем биполярном ключе. Ключ с барьером Шоттки.

Тема 3.4. Операционные усилители.

Составные транзисторы. Статический режим простейшего усилителя: схема и режим покоя; дифференциальные параметры. Переходные процессы в простейшем усилителе. Простейшие усилители на МДП - транзисторах. Дифференциальные усилители .

Раздел 4. Цифровые устройства комбинационного типа

Тема 4.1. Шифратор, дешифратор

Тема 4.2. Мультиплексор, демльтиплексор

Тема 4.3. Сумматоры и цифровые компараторы

Тема 4.4. Умножители

Раздел 5. Цифровые устройства последовательного типа

Тема 5.1. Триггеры

Тема 5.2. Счетчики

Тема 5.3. Регистры

Раздел 6. Полупроводниковые запоминающие устройства

Тема 6.1. Постоянные запоминающие устройства

Тема 6.2. Оперативные запоминающие устройства

3. Практический блок

Примерные темы практических работ

1. Вольтамперные характеристики и параметры биполярного транзистора
2. Вольтамперные характеристики и параметры полевых транзисторов
3. Операционный усилитель
4. Логические элементы
5. Цифровые устройства комбинационного типа
 - 5.1. Шифратор, дешифратор,
 - 5.2. Мультиплексор, демультиплексор
 - 5.3. Сумматоры и цифровые компараторы
 - 5.4. Умножители
6. Цифровые устройства последовательного типа
 - 6.1. Триггеры
 - 6.2. Счетчики
 - 6.3. Регистры

4. Материалы по оценке и контролю знаний

Экзаменационные вопросы

1. Этапы и основные факторы развития микроэлектроники
2. Факторы, определяющие развитие микроэлектроники
3. Классификация ИС
4. Конструктивные элементы ИС.
5. Методы изоляции элементов ИС.
6. Структура простейшего биполярного транзистора.
7. Конструктивные разновидности биполярных транзисторов.
8. Влияние конструктивных факторов на параметры биполярных транзисторов.
9. Структура МДП транзистора.
10. Структура КМДП транзистора.
11. Влияние конструктивных факторов на параметры МДП транзисторов.
12. Способы улучшения параметров МДП транзисторов.
13. Конструктивные особенности солнечных элементов.
14. Конструктивно-технологические способы улучшения характеристик солнечных элементов.
15. Полупроводниковые резисторы и конденсаторы.
16. Функционально-интегрированные элементы ИС.
17. Логические элементы.

5. Методический блок

6.1. Преподавание данного курса основывается на:

- Проведение лекционных занятий согласно тематическому плану;
- Контроль усвоенного материала;
- Организация самостоятельной работы студента.
- Проведение лабораторных работ.

В качестве основной образовательной технологии при изучении дисциплины «Микроэлектроника» является «Технология объяснительно-иллюстративного обучения», так как она ориентирована на формирование системы знаний на основе упорядоченной, логически построенной подачи учебного материала в виде лекций. Данный подход является обоснованным, потому что изучаемая дисциплина изобилует большим количеством специальных терминов и понятий, выстроенных в последовательную логическую цепочку.

Чтение лекций подчиняется концептуально-интерпретирующей тенденции. На лекциях в основном осуществляется обзор и анализ различных подходов к описанию свойств, характеристик и областей применения приборов микроэлектроники. Лекционный курс построен таким образом, что сведения о классических процессах в технологии даются в виде ссылок на авторские учебники и учебные пособия. Основной задачей является систематизация материала и обучение студента умению ориентироваться в нем. Такой подход стимулирует самостоятельную работу студента по освоению данного учебного курса.

Тип проведения лекций зависит от пройденного материала лекционного курса. Изучение каждого модуля начинается с «Проблемной лекции», которая призвана постановить задачу, которую в ходе изложения материала необходимо решить. На проблемной лекции обязателен диалог преподавателя и студентов, выделяя при этом наиболее значимые и существенные элементы. На лекции используются схемы, рисунки, чертежи и т.п., к подготовке которых привлекаются сами обучающиеся.

Усвоение материала студентами контролируется путем тестирования по отдельным модулям дисциплины, а также путем количественных подсчетов коэффициента активности студента на лекции.

6.2. При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются следующие ее формы:

- подготовка и написание кратких сообщений для выступления на занятиях (не более 5 минут).
- выполнение домашних заданий разнообразного характера. Это может быть: подбор и изучение литературных источников; подбор иллюстративного и описательного материала по отдельным разделам курса с использованием различных источников, в том числе и сети Интернет.
- выполнение индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы. Индивидуальное задание может получать как каждый студент, так и инициативная группа студентов.