

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники
и электроники

_____/ В.А. Небольсин /
31 августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины**

**«Системы автоматизированного проектирования
интегральных микросхем»**

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 мес.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2020

Автор программы

_____/ А.В. Арсентьев

И.о. заведующего кафедрой
полупроводниковой электроники
и нанoeлектроники

_____/ А.В. Строгонов

Руководитель ОПОП

_____/ А.В. Арсентьев

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: практически и теоретически подготовить будущих специалистов основам проектирования интегральных микросхем с помощью современных САПР.

1.2. Задачи освоения дисциплины: формирование у студентов теоретических знаний о современных средствах и способах автоматизированной разработки интегральных микросхем на всех этапах проектирования; формирования практических навыков использования программного обеспечения для моделирования и проектирования ИМС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.07 «Системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем» относится к дисциплинам части блока Б1 учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем» направлен на формирование следующих компетенций:

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;

ПК-5: способность владеть современными методами расчета и проектирования микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники, способность к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования;

ПК-7: способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере физики, проектирования, технологии изготовления и применения микроэлектронных приборов и устройств.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать методы и этапы проектирования;
	уметь настраивать существующие модели приборов;
	владеть представлением о различиях в моделях BSIM.
ПК-5	знать восходящее и нисходящее проектирование;
	уметь выбирать и применять различные программные средства машинного моделирования и проектирования ИМС на всех этапах;

	владеть навыками работы с симулятором SPICE.
ПК-7	знать общую характеристику процесса проектирования ИС;
	уметь применять библиотеки с новыми моделями и техпроцессами;
	владеть представлением об эволюции и перспективах развития программных средств автоматизированного проектирования ИМС.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем» составляет 3 зачетных единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	50	50
В том числе:		
Лекции	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	34	34
Самостоятельная работа	58	58
Вид промежуточной аттестации – зачет	+	+
Общая трудоемкость	час	108
	зач. ед.	3

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	12	12
В том числе:		
Лекции	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	6	6
Самостоятельная работа	92	92
Часы на контроль	4	4
Вид промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость	час	108
	зач. ед.	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего час
1	Общие сведения о САПР	Интеллектуальные САПР ИС. Типовая схема проектирования ИС с помощью САПР. Общие характеристики систем схемотехнического и логического моделирования ИС. Состав САПР и назначение его модулей. Общие характеристики системы топологического проектирования.	2	6	10	18
2	Схемотехническое моделирование ИС	Вызов схемотехнического редактора и настройка интерфейса. Основные команды меню и кнопки инструментов по созданию и математическому описанию моделей компонентов. Редактирование параметров компонентов. Иерархические компоненты. Создание специальных схемотехнических элементов.	2	6	12	20
3	Проектирование топологии ИС на основе графических примитивов	Вызов топологического редактора и настройка интерфейса. Основные понятия: примитив, слой, ячейка, образец, массив, лейаут. Команды меню и кнопки инструментов по созданию и редактированию топологии ИС. Типовые слои – имена и назначение. Создание ячейки и образцов на основе рисования примитивов. Создание и редактирование образцов. Массивы образцов. Иерархия проектирования. Редактирование, копирование, переименование, блокирование/разблокирование ячеек и образцов. Пример создания топологии логического элемента.	4	6	12	22
4	Верификация топологии ИС	Правила проектирования Мида-Конвея. Параметр размера λ . Задание правил проектирования топологии. Проверка правил указанной области или целого чипа. Анализ результатов проверки и локализации ошибок. Извлечение текстового описания электрической схемы по ее топологии	4	8	12	24
5	Проектирование топологии ИС на основе стандартных ячеек	Типовые шаги запуска SPR. Установки SPR - задание параметров, правил, ограничений, приоритетов процедуры автоматизированного размещения и трассировки. Генерация ядра основные параметры генерации ядра. Генерация контактных площадок выводов (Padframe) и трассировка. Просмотр статистики результатов проектирования топологии ИС. Оптимизация топологии ИС. Примеры проектирования топологии ИС на основе SPR.	4	8	12	24
Итого			16	34	58	108

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего час
1	Общие сведения о САПР	Интеллектуальные САПР ИС. Типовая схема проектирования ИС с помощью САПР. Общие характеристики систем схемотехнического и логического моделирования ИС. Состав САПР и назначение его модулей. Общие характеристики системы топологического проектирования.	-	-	18	18
2	Схемотехническое моделирование ИС	Вызов схемотехнического редактора и настройка интерфейса. Основные команды меню и кнопки инструментов по созданию и математическому описанию моделей компонентов. Редактирование параметров компонентов. Иерархические компоненты. Создание специальных схемотехнических элементов.	1	2	18	21
3	Проектирование топологии ИС на основе графических примитивов	Вызов топологического редактора и настройка интерфейса. Основные понятия: примитив, слой, ячейка, образец, массив, лейаут. Команды меню и кнопки инструментов по созданию и редактированию топологии ИС. Типовые слои – имена и назначение. Создание ячейки и образцов на основе рисования примитивов. Создание и редактирование образцов. Массивы образцов. Иерархия проектирования. Редактирование, копирование, переименование, блокирование/разблокирование ячеек и образцов. Пример создания топологии логического элемента.	1	2	18	21
4	Верификация топологии ИС	Правила проектирования Мида-Конвея. Параметр размера λ . Задание правил проектирования топологии. Проверка правил указанной области или целого чипа. Анализ результатов проверки и локализации ошибок. Извлечение текстового описания электрической схемы по ее топологии	2	-	18	20
5	Проектирование топологии ИС на основе	Типовые шаги запуска SPR. Установки SPR - задание параметров, правил, ограничений, приоритетов процедуры автоматизированного размещения и трассировки. Генерация ядра основные параметры генера-	2	2	20	24

стандартных ячеек	ции ядра. Генерация контактных площадок выводов (Padframe) и трассировка. Просмотр статистики результатов проектирования топологии ИС. Оптимизация топологии ИС. Примеры проектирования топологии ИС на основе SPR.				
Всего		6	6	92	104
Контроль					4
Итого					108

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Создание библиотечного компонента ИС для схемотехнического анализа.
2. Создание иерархического модуля логической схемы.
3. Создание специальных модулей команд схемотехнического моделирования.
4. Статический анализ ИС.
5. Анализ временных характеристик ИС.
6. Проектирование топологии стандартной ячейки.
7. Верификация фрагментов топологии ИС.
8. Настройка параметров размещения и трассировки ядра ИС.
9. Генерация топологии ядра ИС на основе библиотеки стандартных ячеек.
10. Оптимизация генерации топологии ядра ИС на основе стандартных ячеек.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем» не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать методы и этапы проектирования;	Выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь настраивать существующую	Выполнение и	Выполнение работ в	Невыполнение работ в

	щие модели приборов;	защита лабораторных работ	срок, предусмотренный в рабочих программах	срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть представлением о различиях в моделях BSIM.	Выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-5	знать восходящее и нисходящее проектирование;	Выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выбирать и применять различные программные средства машинного моделирования и проектирования ИМС на всех этапах;	Выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками работы с симулятором SPICE.	Выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-7	знать общую характеристику процесса проектирования ИС;	Выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять библиотеки с новыми моделями и техпроцессами;	Выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть представлением об эволюции и перспективах развития программных средств автоматизированного проектирования ИМС.	Выполнение и защита лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7 семестре для очной формы обучения, в 8 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	знать методы и этапы проектирования;	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь настраивать существующие модели приборов;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть представлением о различиях в моделях BSIM.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-5	знать восходящее и нисходящее проектирование;	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь выбирать и применять различные программные средства машинного моделирования и проектирования ИМС на всех этапах;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками работы с симулятором SPICE.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-7	знать общую характеристику процесса проектирования ИС;	Тест	Выполнение теста на 70 – 100 %	Выполнение менее 70 %

				70 %
	уметь применять библиотеки с новыми моделями и техпроцессами;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть представлением об эволюции и перспективах развития программных средств автоматизированного проектирования ИМС.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

- Для программы S-Edit входной файл должен иметь один из следующих типов:
 - sdb, sd0, sd1, ...
 - md, md0, md1, ...
 - spc, sp, sp0, ...
 - sch, sch0, sch1, ...
- Для программы S-Edit выходной файл должен иметь один из следующих типов:
 - dat;
 - out;
 - sp, tpr;
 - wdb.
- Для программы T-Spice входной файл должен иметь один из следующих типов:
 - sdb, sd0, sd1, ...
 - md, md0, md1, ...
 - spc, sp, sp0, ...
 - sch, sch0, sch1, ...
- Для программы T-Spice выходной файл должен иметь один из следующих типов:
 - dat;
 - out;
 - sp, tpr;
 - wdb.
- Для программы L-Edit входной файл должен иметь один из следующих типов:
 - tdb, ext, rul, xst;
 - sp, spc, tpr, ed, drc, cap;
 - mdl, out, ini, dat;
 - sch, dat, md, wdb.
- Для программы L-Edit выходной файл должен иметь один из следующих типов:
 - tdb, ext, rul, xst;
 - sp, spc, tpr, ed, drc, cap;
 - mdl, out, ini, dat;
 - sch, dat, md, wdb.
- При создании нового схемотехнического проекта обязательно необходимо заполнить поле:
 - File Name;

2. Author;
 3. Organization;
 4. Information.
8. Для создания кармана n -типа используется слой:
1. p Well;
 2. n Well;
 3. n Select;
 4. p Select.
9. Для создания кармана p -типа используется слой:
1. p Well;
 2. n Well;
 3. n Select;
 4. p Select.
10. Для создания затвора по самосовмещенной технологии используется слой:
1. Poly;
 2. Poly Contact;
 3. Metal 1;
 4. Metal 2.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Для изменения геометрических размеров порта нужно изменить в окне Create Property поле:
 1. Name;
 2. Value;
 3. Text size;
 4. Show.
2. Для изменения имени атрибута порта нужно изменить в окне Create Property поле:
 1. Name;
 2. Value;
 3. Text size;
 4. Show.
3. Для изменения режима отображения атрибута порта на экране нужно изменить в окне Create Property поле:
 1. Name;
 2. Value;
 3. Text size;
 4. Show.
4. Для ввода/редактирования атрибута порта на экране нужно изменить в окне Create Property поле:
 1. Name;
 2. Value;
 3. Text size;
 4. Show.
5. К группе ошибок Min Width относятся следующие:
 1. минимальная ширина дорожки металлизации;

2. минимальное расстояние между дорожками металлизации;
 3. точный размер контактного окна к поликремнию;
 4. минимальный размер контактного окна к поликремнию.
6. К группе ошибок Min Spacing относятся следующие:
1. минимальная ширина дорожки металлизации;
 2. минимальное расстояние между дорожками металлизации;
 3. точный размер контактного окна к поликремнию;
 4. минимальный размер контактного окна к поликремнию.
7. Для извлечения текстового описания схемы нужно иметь дополнительный входной файл следующего типа:
1. ext;
 2. tdb;
 3. rul;
 4. xst.
8. Для получения вертикальной структуры лейаута нужно иметь дополнительный входной файл следующего типа:
1. ext;
 2. tdb;
 3. rul;
 4. xst.
9. Для настройки режима проверки правил проектирования топологии необходим инструмент:



10. Для открытия окна выбора компонентов схемы необходим инструмент:



7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

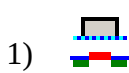
1. Для создания электрических проводников нужен инструмент:



2. Для создания порта нужен инструмент:



3. Для получения вертикальной структуры лейаута необходим инструмент:



4. Для извлечения текстового описания схемы из ее топологии необходим инструмент:

- 1)  2)  3)  4) 

5. Для проверки правил проектирования топологии ядра схемы необходим инструмент:

- 1)  2)  3)  4) 

6. Для проверки правил проектирования топологии выделенной области ядра схемы необходим инструмент:

- 1)  2)  3)  4) 

7. Для создания входного порта логического компонента нужен инструмент:

- 1)  2)  3)  4) 

8. Для создания выходного порта логического компонента нужен инструмент:

- 1)  2)  3)  4) 

9. Для создания двунаправленного порта логического компонента нужен инструмент:

- 1)  2)  3)  4) 

10. Для создания порта аналогового компонента нужен инструмент:

- 1)  2)  3)  4) 

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Интеллектуальные САПР ИС.
2. Типовая схема проектирования ИС с помощью САПР.
3. Общие характеристики систем схемотехнического и логического моделирования ИС.
4. Состав САПР и назначение его модулей.
5. Общие характеристики системы топологического проектирования.
6. Вызов схемотехнического редактора и настройка интерфейса.
7. Основные команды меню и кнопки инструментов по созданию и математическому описанию моделей компонентов.
8. Редактирование параметров компонентов.
9. Иерархические компоненты.

- 10.Создание специальных схмотехнических элементов.
- 11.Вызов топологического редактора и настройка интерфейса.
- 12.Основные понятия: примитив, слой, ячейка, образец, массив, лейаут.
- 13.Команды меню и кнопки инструментов по созданию и редактированию топологии ИС.
- 14.Типовые слои – имена и назначение.
- 15.Создание ячейки и образцов на основе рисования примитивов.
- 16.Создание и редактирование образцов. Массивы образцов.
- 17.Иерархия проектирования. Редактирование, копирование, переименование, блокирование/разблокирование ячеек и образцов.
- 18.Пример создания топологии логического элемента.
- 19.Правила проектирования Мида-Конвея.
- 20.Параметр размера λ .
- 21.Задание правил проектирования топологии.
- 22.Проверка правил указанной области или целого чипа. Анализ результатов проверки и локализации ошибок.
- 23.Извлечение текстового описания электрической схемы по ее топологии
- 24.Типовые шаги запуска SPR.
- 25.Установки SPR - задание параметров, правил, ограничений, приоритетов процедуры автоматизированного размещения и трассировки.
- 26.Генерация ядра основные параметры генерации ядра.
- 27.Генерация контактных площадок выводов (Padframe) и трассировка.
- 28.Просмотр статистики результатов проектирования топологии ИС.
- 29.Оптимизация топологии ИС.
- 30.Примеры проектирования топологии ИС на основе SPR.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится по тестам-билетам, каждый из которых содержит 5 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 5 баллов. Максимальное количество набранных баллов – 10.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 7 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 7 до 10 баллов.

При получении оценки «Зачтено» требуемые в рабочей программе знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на промежуточном этапе считаются достигнутыми.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Общие сведения о САПР	ПК-1, ПК-5, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ, проверка конспекта
2	Схемотехническое моделирование ИС	ПК-1, ПК-5, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ, проверка конспекта
3	Проектирование топологии ИС на основе графических примитивов	ПК-1, ПК-5, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ, проверка конспекта
4	Верификация топологии ИС	ПК-1, ПК-5, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ, проверка конспекта
5	Проектирование топологии ИС на основе стандартных ячеек	ПК-1, ПК-5, ПК-7	Тест, защита лабораторных работ, проверка конспекта

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста преподавателем и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач преподавателем и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач преподавателем и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

1. **Норенков И.П.** Основы автоматизированного проектирования: учебник. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 448 с. - (Информатика в техническом университете). - ISBN 5-7038-2892-9

2. **Основы автоматизированного проектирования:** учебник: допущено Учебно-методическим объединением / под ред. А.П. Карпенко. – М.: Инфра-М, 2017. - 327 с. - (Выс-

шее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010213-9 (print). - ISBN 978-5-16-101683-1 (online)

3. **Прянишников В.А.** Электроника: полный курс лекций / В.А.Прянишников. - 4-е изд. - СПб.: Корона-Принт, 2004. - 416 с. - ISBN 5-7931-0018-0

4. **Бордаков Е.В.** Основы проектирования топологии ИС: учеб. пособие / Е.В. Бордаков, В.И. Пантелеев. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2010. - 198 с.

5. **Строгонов А.В.** Основы проектирования интегральных схем: учеб. пособие. Ч. 1 / А.В. Строгонов, А.В. Арсентьев, Д.В. Русских. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007. – 193 с.

6. **Строгонов А.В.** Основы проектирования интегральных схем: учеб. пособие. Ч. 2 / А.В. Строгонов, А.В. Арсентьев, Д.В. Русских, Н.Н. Кошелева. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007. – 218 с.

7. **Головицына М.В.** Основы САПР: учеб. пособие / М.В. Головицына. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. - 268 с. - Текст. - Гарантированный срок размещения в ЭБС до 24.12.2022 (автопродлонгация). - ISBN 978-5-4497-0921-9. URL: <http://www.iprbookshop.ru/102040.html>

Дополнительная литература

8. **Казеннов Г.Г.** Основы проектирования интегральных схем и систем / Г.Г. Казеннов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. - 295 с. - ISBN 5-94774-232-2

9. **Разинкин К.А.** Программное обеспечение САПР: Структура данных: учеб. пособие / К.А. Разинкин, А.В. Питолин. – Воронеж: ВГТУ, 2003. – 138 с.

10. **Муромцев Д.Ю.** Математическое обеспечение САПР [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин. - 2-е изд. перераб. и доп. – СПб.: Лань, 2021. - 464 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1573-1. URL: <https://e.lanbook.com/book/168620>

11. **Гридчин А.В.** Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS Workbench [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.В. Гридчин, В.А. Колчужин, В.А. Гридчин. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. - 83 с. - Гарантированный срок размещения в ЭБС до 05.02.2025 (автопродлонгация). - ISBN 978-5-7782-3138-2. URL: <http://www.iprbookshop.ru/91692.html>

12. **Герман-Галкин С.Г.** Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink [Электронный ресурс]: учебник / С.Г. Герман-Галкин. – М.: Лань, 2013. - 443 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1520-5. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=36998

13. **Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1 - 4 по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем» для студентов направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (направленность «Микроэлектроника и твердотельная электроника») очной формы обучения** [Электронный ресурс] / Каф. полупроводниковой электроники и наноэлектроники; Сост.: А.В. Арсентьев, Е.Ю. Плотникова, А.А. Винокуров. - Электрон. текстовые, граф. дан. (6,4 Мб). - Воронеж :ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017. (№ 1-2017)

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Программное обеспечение компьютеров для самостоятельной и аудиторной работы:

- Операционные системы семейства MSWindows;
- Пакет офисных программ LibreOffice;
- Программа просмотра файлов WinDjview;
- Программа просмотра файлов формата pdf Adobe Acrobat Reader;
- Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome;
- Математический пакет MathCad Express, Smath Studio;
- Среда разработки Python;
- Система управления курсами Moodle;

Используемые электронные библиотечные системы:

- Модуль книгообеспеченности АИБС «МАРК SQL»: <http://bibl.cchgeu.ru/provision/struct/>;
- Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru/>;
- ЭБС Издательства «ЛАНЬ», в том числе к коллекциям «Инженерно-технические науки», «Физика»: <http://e.lanbook.com/>;
- ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>;
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>.

Информационные справочные системы:

- портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования: <http://fgosvo.ru/>;
- единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/>;
- открытый образовательный ресурс НИЯУ МИФИ: <http://online.mephi.ru/>;
- открытое образование: <https://openedu.ru/>;
- физический информационный портал: <http://phys-portal.ru/index.html>
- Профессиональные справочные системы «Техэксперт»: <https://cntd.ru>
- Электронная информационная образовательная среда ВГТУ: <https://old.education.cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Лекционная аудитория 311/4, укомплектованная специализированной мебелью и оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций: мультимедиа-проектором, стационарным экраном, наборами демонстрационного оборудования (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179):

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 22 человека.
проектор BenQ MP515 DLP;
экран ScreenMedia настенный.
огнетушитель.

2. Дисплейный класс для проведения лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов, укомплектованный специализированной мебелью и оснащенный персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, ауд. 209/4 (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179), оснащенный необходимым оборудованием:

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 20 человек.
компьютер-сборка каф.9;
компьютер в составе: (H61/IntelCorei3/Кв/М/20" LCD);

компьютер-сборка каф.7;
 компьютер-сборка каф.3;
 компьютер в составе: (H61/IntelCorei3/Кв/М/23" LCD);
 компьютер-сборка каф.5;
 компьютер-сборка каф.4;
 компьютер-сборка каф.8;
 компьютер-сборка каф.2;
 компьютер-сборка каф.6;
 компьютер-сборка каф.10;
 комп. в сост: Сист.блок RAMEC GALE,монитор 17" LCD;
 компьютер-сборка каф.1;
 экран Projecta ProScreen настенный рулонный;
 проектор BenQ MP515 DLP;
 огнетушитель.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем» читаются лекции, проводятся лабораторные занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на персональных компьютерах в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию обо всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины осуществляется путем тестирования и устного опроса. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных, для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу.

Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2: при осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется образовательный портал ВГТУ – https://old.education.cchgeu.ru	31.08.2021	
2			
3			
4			