

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники и электроники

Небольсин В.А.

«16» декабря 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Компонентная база силовой электроники»

Направление подготовки 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств

Профиль Автоматизированное проектирование и технология радиоэлектронных средств специального назначения

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года / 2 года 3 мес

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2023

Автор программы

/Пирогов А.А./

Заведующий кафедрой
Конструирования и
производства
радиоаппаратуры

/Башкиров А.В./

Руководитель ОПОП

/ Башкиров А.В./

Воронеж 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Получение теоретических знаний об основных компонентах силовой электроники.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Понимание и умение интерпретировать параметры пассивных и активных элементов, а также их влияние на характеристики транзисторных преобразовательных устройств

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Компонентная база силовой электроники» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Компонентная база силовой электроники» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Способен определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ

ПК-3 - Способен проектировать функциональные блоки, модули, устройства, системы и комплексы электронных средств с учетом заданных требований

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	знать: физические основы работы элементной базы силовой электроники
	уметь: на основании фундаментальных знаний предсказывать (моделировать) поведение компонентной базы
ПК-3	знать: особенности конструкции и функционирования современной компонентной базы силовой электроники
	уметь: извлечь из спецификации производителя необходимые для применения в составе аппаратуры параметры компонентной базы
	владеть: навыками подбора оптимальной компонентной базы в зависимости от специфики разрабатываемой аппаратуры

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Компонентная база силовой электроники» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Лабораторные работы	36	36
Самостоятельная работа	81	81
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

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	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Развитие силовой электроники и компонентной базы. Разнообразие силовых компонентов.	Вводная часть курса. Историческое развитие силовой электроники и компонентной базы.	4	2	15	21
2	Основы физики проводников и диэлектриков.	Проводимость вещества. Поляризация диэлектриков. Типы пробоя диэлектриков.	4	2	15	21
3	Пассивные элементы силовой электроники.	Основные типы резисторов. Основные типы конденсаторов.	4	2	15	21
4	Физические основы микроэлектроник.	Кристаллы. Зонная теория. Легирующие примеси, электроны и дырки. Проводимость в полупроводниках. Основные и неосновные носители. Генерация и рекомбинация носителей. Время жизни носителей. Температурные зависимости в полупроводниках. Области с различной проводимостью. Потенциальные барьеры. Физика МДП структур.	4	2	15	21
5	Полупроводниковые приборы.	Принципы работы полупроводниковых диодов. Основные типы диодов, применяемых в силовой электронике. Принцип работы элементарного планарного транзистора. Вольтамперные характеристики транзистора. Основные характеристики транзистора. Основные типы транзисторов, применяемых в силовой электронике. Основные параметры IGBT структур.	4	2	15	21
6	Сборки силовых компонентов (модули).	Основные виды силовых модулей (транзисторно-диодные, мосты, сборки транзисторов). Особенности применения	4	2	15	21

		силовых модулей				
7	Потери в электронных компонентах.	Типы потерь в силовых цепях. Способы уменьшения потерь в компонентах цепи.	4	2	21	27
Итого			28	14	111	153

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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-2	знать: физические основы работы элементной базы силовой электроники	Активная работа на практических занятиях, ответ не менее чем на половину заданных в процессе опроса вопросов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь: на основании фундаментальных знаний предсказывать (моделировать) поведение компонентной базы	Решение не менее половины стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	знать: особенности конструкции и функционирования современной компонентной базы силовой электроники	Активная работа на практических занятиях, ответ не менее чем на половину заданных в процессе опроса вопросов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь: извлечь из спецификации производителя необходимые для применения в составе аппаратуры параметры компонентной базы	Решение не менее половины стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	владеть: навыками подбора оптимальной компонентной базы в зависимости от специфики разрабатываемой аппаратуры	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	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 1 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-2	знать: физические основы работы элементной базы силовой электроники	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь: на основании фундаментальных знаний предсказывать (моделировать) поведение компонентной базы	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	знать: особенности конструкции и функционирования современной компонентной базы силовой электроники	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь: извлечь из спецификации производителя необходимые для применения в составе аппаратуры параметры компонентной базы	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть: навыками подбора оптимальной компонентной базы в зависимости от специфики разрабатываемой аппаратуры	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные 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

1. Основные типы резисторов и особенности их применения.
2. Основные типы конденсаторов и потери в них.
3. Физика работы р-п перехода.
4. Принципы работы МОП транзисторов.
5. Время восстановления элементов полупроводниковой электроники.
6. Биполярные транзисторы с изолированным затвором – структура и принципы работы.
7. Широкозонные полупроводниковые материалы. Преимущества их применения и основные типы приборов на их основе.
8. Типы сборок силовых элементов.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Основы SPICE моделирования.
2. Описание простейших моделей отдельных электронных компонентов
3. Построение и расчет цепей
4. Решение прикладных задач

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Основы SPICE моделирования.
2. Описание простейших моделей отдельных электронных компонентов
3. Построение и расчет цепей
4. Решение прикладных задач

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Основные типы резисторов и особенности их применения.
2. Основные типы конденсаторов и потери в них.
3. Физика работы р-п перехода.
4. Принципы работы МОП транзисторов.
5. Время восстановления элементов полупроводниковой электроники.
6. Биполярные транзисторы с изолированным затвором – структура и принципы работы.
7. Широкозонные полупроводниковые материалы. Преимущества их применения и основные типы приборов на их основе.
8. Типы сборок силовых элементов.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15

баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Развитие силовой электроники и компонентной базы. Разнообразие силовых компонентов.	ПК-2, ПК-3	Тест
2	Основы физики проводников и диэлектриков.	ПК-2, ПК-3	Тест
3	Пассивные элементы силовой электроники.	ПК-2, ПК-3	Тест
4	Физические основы микроэлектроник.	ПК-2, ПК-3	Тест
5	Полупроводниковые приборы.	ПК-2, ПК-3	Тест
6	Сборки силовых компонентов (модули).	ПК-2, ПК-3	Тест
7	Потери в электронных компонентах.	ПК-2, ПК-3	Тест

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 экзаменатором и выставляется оценка согласно методики 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 экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики 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 экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения

ДИСЦИПЛИНЫ

1. Капустин В.И. Материаловедение и технологии электроники [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В.И. Капустин, А.С. Сигов, А.П. Коржавый; Рец. А.С. Бугаев др. - М.: ИНФРА-М, 2014. - 427 с. // ЭБС ZNANIUM.COM-URL:<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=416461> (Режим доступа: ограниченный по логину и паролю),

2. Барыбин А.А. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс] / А.А. Барыбин, В.И. Томилин, В.И. Шаповалов; Под общ. ред. А.А. Барыбина. - М.: Физматлит, 2011. - 784 с. // ЭБС «КнигаФонд»- URL: <http://www.knigafund.ru/books/138583/> (Режим доступа: ограниченный по логину и паролю)

3. Пасынков, В.В. Полупроводниковые приборы: Учеб. пособие. 9-е изд./В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=300

4. Компоненты и технологии / учредитель: "Издательство Файнстрит"; гл. ред. П. Правосудов. - М.: Файнстрит. - (ISSN 2079-6811). - Журнал. - Издается с ноября 1999 года. - Электронная версия журнала и архив с 1999 года см: <http://www.kit-e.ru/>.

5. Микроэлектроника / учредители: РАН [и др.]; гл. ред. А.А. Орликовский. - М.: Наука; Наука / Интерпериодика. - Журнал, основан в 1972 году. - Переводная версия: Russian Microelectronics (составной журнал) .

6. Современная электроника / гл. ред. А. Майстренко. - М.: СТА-ПРЕСС. - Журнал, издается с 2004 года. - Доступ к архиву выпусков с аннотациями (архив статей 2004 №6/ 2014) на сайте журнала: <http://www.soel.ru/issues/>

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

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://window.edu.ru> - единое окно доступа к информационным ресурсам;

<http://www.edu.ru/> - федеральный портал «Российское образование»;

<http://www.iprbookshop.ru/> - электронная библиотечная система IPRbooks;

www.elibrary.ru - научная электронная библиотека

Профессиональные базы данных, информационные справочные системы:

<https://docplan.ru/> - бесплатная база ГОСТ.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, оснащенная следующим оборудованием:

- персональный компьютер с установленным ПО, подключенный к сети Интернет;
- доска магнитно-маркерная;
- мультимедийный проектор на кронштейне;
- экран настенный

Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий (компьютерный класс), оснащенная следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 11 шт.;
- принтер цветной лазерный;
- 3D принтер «Альфа-2»;
- доска магнитно-маркерная поворотная

Помещение (Читальный зал) для самостоятельной работы с выходом в сеть «Интернет» и доступом в электронно-библиотечные системы и электронно-информационную среду, укомплектованное следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 10 шт.;
- принтер;
- магнитно-маркерная доска;
- переносные колонки;
- переносной микрофон.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Компонентная база силовой электроники» читаются лекции, проводятся практические занятия.

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

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета параметров элементной базы. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать 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

	удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
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; - выполнение домашних заданий и расчетов; - 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 экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

11 Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			