

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана факультета  
радиотехники и электроники

Небольсин В.А.

«07» февраля 2024 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Компонентная база силовой электроники»

**Направление подготовки** 11.04.03 Конструирование и технология  
электронных средств

**Профиль** Силовая электроника

**Квалификация выпускника** магистр

**Нормативный период обучения** 2 года / 2 года 3 мес

**Форма обучения** очная / заочная

**Год начала подготовки** 2024

Автор программы

/Пирогов А.А./

Заведующий кафедрой  
Конструирования и  
производства  
радиоаппаратуры

/Башкиров А.В./

Руководитель ОПОП

/ Башкиров А.В./

Воронеж 2024

## 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
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Лабораторные работы	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	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
<b>Итого</b>			<b>28</b>	<b>14</b>	<b>111</b>	<b>153</b>

## 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](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](http://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			