

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию
в области информатики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

Регистрационный № ТД-_____/тип.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

**Типовая учебная программа по учебной дисциплине
для специальности**

1-36 04 02 Промышленная электроника

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию в
области информатики и
радиоэлектроники

_____ В.А. Богуш

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

СОСТАВИТЕЛИ:

С.М.Сацук, заведующий кафедрой электроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент;

С.С.Стома, ассистент кафедры электроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»;

А.Ю.Ключкий, старший преподаватель кафедры электроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 6 от 23.12.2022);

Н.Б.Карницкий, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции» Белорусского национального технического университета, доктор технических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой электроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 4 от 19.12.2022);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № ___ от _____);

Научно-методическим советом по электронным системам и технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № ___ от _____)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Электронные приборы» разработана для обучающихся учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-36 04 02 Промышленная электроника в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования I степени и типового учебного плана вышеуказанной специальности.

Учебная дисциплина «Электронные приборы» обеспечивает базовую подготовку обучающихся, необходимую для принятия грамотных решений при выборе и использовании электронных приборов в аналоговых и цифровых устройствах.

В связи с существенным прогрессом в области электроники, достигнутым за последнее десятилетие, значительно возросла роль базовой подготовки специалистов в данном направлении. В типовой учебной программе основное внимание уделяется изучению физических основ, принципа действия и характеристик полупроводниковых приборов, оптоэлектронных приборов. В процессе изучения материала типовой учебной программы осваиваются различные модели диодов, транзисторов, тиристоров, а также устройств на их основе.

Воспитательное значение учебной дисциплины «Электронные приборы» заключается в формировании у обучающихся математической культуры и научного мировоззрения; развитии исследовательских умений, аналитических способностей, креативности, необходимых для решения научных и практических задач; развитии познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формировании способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования интеллектуально развитой личности обучающегося, которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, активному участию в экономической и социально-культурной жизни страны, гражданская ответственность и патриотизм.

ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели учебной дисциплины: освоение базовых знаний физических основ, принципа действия и характеристик полупроводниковых приборов, оптоэлектронных приборов; подготовка к решению задач, связанных с рациональным выбором электронных приборов, их режимов работы и схем включения в различных устройствах.

Задачи учебной дисциплины:

приобретение знаний о принципе действия, характеристиках, параметрах полупроводниковых и оптоэлектронных приборов;

изучение типовых схемотехнических решений аналоговых, импульсных и цифровых устройств различного функционального назначения;

приобретение навыков решения ряда практических задач, связанных с расчетом основных характеристик и параметров электронных приборов и устройств на их основе.

Базовыми учебными дисциплинами для учебной дисциплины «Электронные приборы» являются «Физика» и «Математика» в объеме уровня общего среднего образования, а также «Теория электрических цепей».

В свою очередь учебная дисциплина «Электронные приборы» является базой для таких учебных дисциплин, как «Проектирование электронных средств», «Преобразовательная техника и силовая электроника», «Производство изделий промышленной электроники», «Надежность изделий промышленной электроники» (учебная дисциплина компонента учреждения высшего образования).

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Электронные приборы» формируется следующая базовая профессиональная компетенция: осуществлять выбор элементной базы, производить расчет параметров электронных приборов и проводить экспериментальные исследования их режимов работы.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

знать:

принцип действия, устройство, параметры, характеристики, режимы работы и модели электронных приборов;

типовые схемы включения электронных приборов;

современное состояние и перспективы развития электронных приборов и радиоэлектронных устройств на их основе;

уметь:

осуществлять рациональный выбор соответствующих электронных приборов и их режимов при разработке радиоэлектронных устройств;

выполнять расчет типовых радиоэлектронных устройств;

экспериментально определять основные характеристики и параметры электронных приборов и устройств на их основе;

владеть:

навыками моделирования и экспериментального исследования электронных приборов и устройств на их основе;

навыками работы с технической литературой, справочниками, стандартами, технической документацией по электронным приборам.

Типовая учебная программа рассчитана на 108 часов, из них – 64 аудиторных. Примерное распределение учебных часов по видам занятий: лекции – 32 часа, лабораторные занятия – 24 часа, практические занятия – 8 часов.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия
Введение	2	2	-	-
Тема 1. Физические основы полупроводниковых материалов	6	2	4	-
Тема 2. Электронно-дырочный переход	6	4	-	2
Тема 3. Полупроводниковые диоды	10	4	4	2
Тема 4. Принцип действия биполярного транзистора. Схемы включения. Режимы работы	8	4	4	-
Тема 5. Физические и статические параметры транзистора. Понятие о классах усиления	10	4	4	2
Тема 6. Полевые транзисторы	10	4	4	2
Тема 7. Компоненты оптоэлектроники	8	4	4	-
Тема 8. Переключающие приборы	4	4	-	-
Итого:	64	32	24	8

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

Определение термина «электронные приборы». Краткий исторический очерк развития отечественной и зарубежной электронной техники. Классификация электронных приборов по характеру рабочей среды (вакуум, разреженный газ, твердое тело), принципу действия и диапазону рабочих частот. Основные свойства и особенности электронных приборов. Направления развития электронной техники. Роль электронных приборов в промышленно электронике, вычислительных комплексах и других областях науки и техники. Значение курса как одной из базовых дисциплин специальности.

Тема 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основные этапы производства полупроводниковых приборов. Материалы электронной техники и их электрофизические свойства. Структура кристаллической решетки твердых тел. Носители заряда в полупроводниках. Дрейфовое и диффузионное движение носителей. Соотношение Эйнштейна. Уравнение непрерывности.

Тема 2. ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНЫЙ ПЕРЕХОД

Контактные явления в полупроводниках. Физические процессы в электронно-дырочном переходе. Уравнение Пуассона. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) идеализированного электронно-дырочного перехода. Пробой р-п-перехода. Математическая модель и параметры идеализированного р-п-перехода. Контакты металл-полупроводник, гетеропереходы: энергетические диаграммы, особенности физических процессов, особенности ВАХ.

Тема 3. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

Классификация полупроводниковых диодов по функциональному назначению, мощности, частоте и технологии изготовления: выпрямительные, стабилитроны, варикапы, импульсные диоды, диоды с накоплением заряда, диоды Шоттки, туннельные и обращенные диоды. Области применения полупроводниковых диодов. Принцип работы, характеристики, параметры, схемы включения. Система обозначения полупроводниковых диодов. Влияние температуры на ВАХ.

Тема 4. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА. СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ. РЕЖИМЫ РАБОТЫ

История создания биполярных транзисторов. Назначение и область применения биполярного транзистора. Устройство биполярного транзистора (БТ). Схемы включения. Основные режимы работы БТ. Принцип действия транзистора: физические процессы в эмиттерном переходе, базе и коллекторном переходе; распределение неосновных носителей в базе при различных режимах. Токи в транзисторе; коэффициенты передачи тока в

схемах с общей базой (ОБ) и общим эмиттером (ОЭ). Эффект модуляции ширины базы, напряжение Эрли. Эффект Миллера.

Тема 5. ФИЗИЧЕСКИЕ И СТАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТРАНЗИСТОРА. ПОНЯТИЕ О КЛАССАХ УСИЛЕНИЯ

Классификация БТ по мощности и частоте, система обозначения.

Физические параметры транзистора: коэффициент передачи тока, дифференциальные сопротивления и емкости переходов, объемные сопротивления областей. Статические характеристики транзистора. Характеристики реального транзистора в схемах с ОБ и ОЭ. Влияние температуры на характеристики транзистора. Математические модели и эквивалентные схемы БТ. Особенности работы транзистора на высоких частотах. Предельная и граничная частоты, эквивалентная схема транзистора на высоких частотах. Способы повышения рабочей частоты БТ. Работа транзистора с нагрузкой. Построение нагрузочной прямой.

Принцип усиления мощности. Основные параметры и характеристики усилительного устройства. Графоаналитический расчет режима усиления. Понятие о классах усиления. Способы задания рабочей точки БТ. Эквивалентные схемы усилителя в режиме малого сигнала.

Работа транзистора в импульсном режиме. Физические процессы накопления и рассасывания носителей заряда.

Тема 6. ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Назначение и область применения полевых транзисторов. Классификация полевых транзисторов (ПТ). Принцип действия ПТ. ПТ с управляющим р-п-переходом. Устройство, схемы включения. Принцип действия, физические процессы, влияние напряжений электродов на ширину р-п-перехода и форму канала. Статические характеристики, области отсечки, насыщения и пробоя р-п-перехода. ПТ с барьером Шоттки, его устройство и параметры.

ПТ с изолированным затвором. МДП-транзисторы со встроенным и индуцированным каналами. Устройство, схемы включения. Режимы обеднения и обогащения в транзисторе со встроенным каналом и его статические характеристики. Математические модели и эквивалентные схемы ПТ. Влияние температуры на характеристики и параметры ПТ. Работа ПТ на высоких частотах. Факторы, определяющие частотные свойства. Предельная частота. Эквивалентная схема на высоких частотах.

Области применения ПТ. Перспективы развития и применения ПТ. Полевые транзисторы в интегральном исполнении. Логические схемы. Структуры МДП-транзисторов, их разновидности: FinFET, GAAFET.

Тема 7. КОМПОНЕНТЫ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

Назначение и область применения оптоэлектронных полупроводниковых приборов. Определение оптического диапазона электромагнитных колебаний. Электролюминесценция. Фотолюминесценция. Классификация оптоэлектронных полупроводниковых приборов. Основные типы

полупроводниковых излучателей: некогерентные и когерентные полупроводниковые излучатели. Светодиоды: устройство, принцип действия, характеристики, параметры. Основные материалы, применяемые для изготовления светодиодов.

Полупроводниковые приемники излучения: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры. Принцип работы, характеристики, параметры.

Устройство оптронов, основные типы оптронов: резисторные, диодные, транзисторные и тиристорные. Классификация, принцип действия, входные и выходные параметры оптронов.

Тема 8. ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИЕ ПРИБОРЫ

Назначение полупроводниковых переключающих элементов. Устройство, принцип действия, ВАХ, разновидности тиристоров: диодные тиристоры, триодные тиристоры, симисторы. Параметры и система обозначения переключающих приборов. Переходные процессы и импульсные свойства тиристоров. Область применения; твердотельные реле. Биполярный транзистор с изолированным затвором: устройство, принцип действия, характеристики и параметры, использование.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Миловзоров, О. В. Электроника : учебник / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2019. – 344 с.
2. Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника : учебник в 2 ч. / О. П. Новожилов. – Москва : Юрайт, 2018. – Ч. 1. – 382 с.
3. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – Москва : Высшая школа, 2004. – 622 с.
4. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника : в 2 т. / У. Титце, К. Шенк ; пер. с нем. – 12-е изд. – Москва : ДМК Пресс, 2015. – Т. 1. – 828 с.
5. Фролов, В. А. Электронная техника : учебник : в 2 ч. / В. А. Фролов. – Москва : УМЦ ЖДТ, 2015. – Ч. 1 : Электронные приборы и устройства. – 532 с.
6. Дробот, С. В. Электронные приборы и устройства [+ электр. вариант] : практикум : учебное пособие [доп. МО РБ] / С. В. Дробот, В. А. Мельников, В. Н. Путилин. – Минск : БГУИР, 2009. – 256 с.
7. Бельский, А. Я. Электронные приборы: цифровые устройства : учебно-методическое пособие для студентов вузов / А. Я. Бельский. – Минск : БГУИР, 2011. – 128 с.
8. Бельский, А. Я. Электронные приборы и устройства : практикум для студ. спец. «Электронные вычислительные средства» всех форм обуч. / А. Я. Бельский. – Минск : БГУИР, 2006. – 48 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Тимофеев, И. А. Основы электротехники, электроники и автоматики. Лабораторный практикум : учебное пособие / И. А. Тимофеев. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 196 с.
2. Festo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.festo.com/>. – Дата доступа: 13.06.2022.
3. Circuit Simulator Applet – Falstad [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.falstad.com/circuit/circuitjs.html>. – Дата доступа: 06.09.2022.
4. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл ; пер. с англ. Б. Н. Бронина [и др.]. – 7-е изд. – Москва : Мир : БИНОМ, 2010. – 704 с.
5. Терехов, В. А. Задачник по электронным приборам / В. А. Терехов. – Санкт-Петербург : Лань, 2003. – 288 с.
6. Аливерти, П. Электроника для начинающих / П. Аливерти ; пер. с англ. И. В. Потрясиловой. – Москва : Бомбора, 2018. – 368 с.
7. Бурбаева, Н. В. Сборник задач по полупроводниковой электронике : учебное пособие / Н. В. Бурбаева, Т. С. Днепровская. – Москва : Физматлит, 2006. – 168 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя;

обработка результатов исследований, выполненных на лабораторных занятиях, и оформление отчетов;

подготовка к практическим занятиям.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Типовым учебным планом по специальности 1-36 04 02 Промышленная электроника в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Электронные приборы» рекомендуется экзамен. Оценка учебных достижений обучающихся производится по десятибалльной шкале.

Для текущего контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций обучающихся могут использоваться следующие формы:

защита лабораторной работы;

контрольный опрос;

контрольная работа.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

элементы проблемного обучения (проблемное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;

элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на лабораторных и практических занятиях.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Исследование свойств полупроводниковых материалов.
2. Исследование полупроводниковых диодов.
3. Исследование биполярного транзистора, включенного в схеме с общей базой.
4. Исследование биполярного транзистора, включенного в схеме с общим эмиттером.
5. Исследование полевых транзисторов.
6. Исследование оптоэлектронных приборов.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Типы полупроводников. Свойства p-n перехода.
2. Полупроводниковые диоды.
3. Биполярные транзисторы.
4. Полевые транзисторы.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

(необходимого оборудования, наглядных пособий и т.д.)

1. Плакаты: «Физические процессы в биполярном транзисторе», «Разновидности полупроводниковых диодов», «Структуры полевых транзисторов», «Структура тиристора», «Разновидности выпрямителей», плакат «Разновидности оптронов».
2. Пакеты прикладных программ Mathcad, OrCAD.
3. Симулятор электронных схем Falstad Circuit Simulator.
4. Лабораторный стенд Festo.
5. Наборы пассивных и активных элементов.
6. Источники питания.
7. Цифровой осциллограф.
8. Генератор сигналов.
9. Цифровые мультиметры.