



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физический факультет**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОЙ  
ЭЛЕКТРОНИКЕ**

Кафедра экспериментальной физики  
Базовая междисциплинарная кафедра ДГУ  
«Инновационные промышленные технологии»

Образовательная программа

**11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Модуль

**Полупроводниковые силовые преобразователи электроэнергии**

Уровень высшего образования

магистратура

Форма обучения

**очная**

Статус дисциплины:

***вариативная***

**Махачкала 2016**

Рабочая программа дисциплины составлена в 2016 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04. «Электроника и наноэлектроника» (уровень: магистратура); дополнительный образовательный модуль «Полупроводниковые силовые преобразователи электроэнергии» (Проект в рамках целевой ведомственной программы «Развитие интегрированной системы обеспечения высококвалифицированными кадрами организаций ОПК РФ в 2016-2020 годах», пр. Минобрнауки РФ от 29.02.2016 №170; пр. от 11.11.2016 №Р-520).

Разработчик:

Курбанов Маликаджар Курбанов, к.ф.м.н., доцент.

Рабочая программа одобрена:

на заседании кафедры ЭФ от « 26 » октября 2016 г., протокол № 3

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 28 » октября 2016г., протокол № 2.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована:

с учебно-методическим управлением « 31 » октября 2016г.

Нач. управления  Гасангаджиева А.Г.

ОАО «Завод Дагдизель» « 31 » октября 2016г.

Зам. директора по техническим вопросам  Халимбеков М.А.

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Схемотехнические решения в промышленной электронике» входит в *вариативную* часть дополнительной образовательной программы подготовки высококвалифицированных специалистов по заказу ОАО «Завод Дагдизель» по направлению 11.04.04. «Электроника и наноэлектроника», модуль «Полупроводниковые силовые преобразователи электроэнергии».

Дисциплина реализуется на физическом факультете и на ОАО «Завод Дагдизель» кафедрами экспериментальной физики и базовой междисциплинарной кафедрой ДГУ «Инновационные промышленные технологии».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с схемотехникой аналоговых и цифровых устройств и приборов промышленной электроники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных (ОПК-1 – ОПК-5), профессиональных - проектно-технологическая деятельность (ПК-6- ПК-9, дополнительных профессиональных компетенций (ДПК-1-ДПК-3).

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов промежуточного контроля успеваемости в форме *рефератов и контрольных работ* и итогового контроля в форме *зачета.*

Объем дисциплины **2** зачетных единиц, в том числе в 108 академических часов по видам учебных занятий

Се- мestr	Учебные занятия						СРС, в том числе экза- мен	Форма проме- жуточной атте- стации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лек- ции		Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации			
1, 2	108	20	-	16			72	Экзамен

## **1. Цели освоения дисциплины.**

**Схемотехника** - раздел электроники, охватывающий исследование и разработку схемотехнических решений, используемых в интегральных микросхемах и радиоэлектронной аппаратуре на их основе.

**Промышленная электроника** – это профиль подготовки, в котором изучаются современные электронные системы и устройства, применяемые в промышленности.

Современные интегральные микросхемы являются достаточно сложным электронным устройством, поэтому используются два уровня их схемотехнического представления. Первый, наиболее детальный уровень - это электрическая схема. Второй, более общий уровень - это структурная схема, представляющая собой соединение отдельных логических элементов триггеров для цифровых микросхем и аналоговых каскадов для аналоговых микросхем.

Главная цель данного курса - ознакомить студентов с современными схемотехническими решениями в области промышленной электроники и микроэлектроники, подготовить их к самостоятельному проектированию электронных схем, приобретению теоретических знаний по основам промышленной электроники и практических навыков эксплуатации и сервиса.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Схемотехнические решения в промышленной электронике» изучается в десятом семестре и опирается на знания, приобретенные при изучении предшествующих дисциплин: «Физика», «Математика», «Микроэлектроника». «Теоретические основы электротехники». Полученные знания и навыки закрепляются и углубляются в ходе изучения последующих дисциплин: «Физика твердого тела и полупроводников», «Физические основы электроники», «Элементная база микро – и наноэлектроники» а также в процессе самостоятельной научно-исследовательской работы студентов.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения курса

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения (ОПК-1);</li> <li>- способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области (ОПК-4);</li> <li>- готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы (ОПК-5).</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современные достижения науки и передовые технологии в области промышленной электроники;</li> <li>- состояние и перспективы научно-технической проблемы в области анализа, расчета и практического применения преобразователей электрической энергии различного типа и назначения;</li> <li>- принципы действия и особенности функционирования основных типов преобразователей электроэнергии.</li> <li>- фундаментальные физические закономерности, определяющие свойства полупроводников.</li> <li>- физические основы промышленной электроники и микроэлектроники.</li> </ul> <p style="text-align: center;">Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области использования устройств промышленной электроники в электроэнергетических, электромеханических и электротехнических системах;</li> <li>- учитывать современные тенденции развития промышленной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;</li> <li>- формулировать основные технико-экономические требования к изучаемым объектам силовой электроники;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить оценочные расчеты физических характеристик полупроводниковых материалов; применять полученные знания при теоретическом анализе и компьютерном моделировании устройств микроэлектроники.</li> <li>- организовать работы коллектива исполнителей, принятие исполнительских решений в условиях спектра мнений.</li> </ul> <p style="text-align: center;">Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками планирования процессов решения научно-технических задач в области приборов и систем промышленной электроники;</li> <li>- теоретической базой по схемотехническим решениям полупроводниковой силовой электроники, расчету усилительных каскадов и генераторов.</li> <li>- теоретической базой по характеристикам и принципу действия силовых электронных приборов, логикой рассуждений, навыками самостоятельного получения информации ее анализа и обобщения для решения творческих задач в области промышленной электроники и требующего подходящего метода решения в области применения устройств промышленной электроники</li> </ul>
<p><b>профессиональные компетенции</b></p> <p><b>Проектно-конструкторская деятель-</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способностью анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников (ПК-6);</li> <li>- готовностью определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современные методы исследований в области физики полупроводников;</li> <li>- владеть информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств промышленной электроники</li> <li>- методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов силовой электро-</li> </ul>

<p><b>ность</b></p> <p><b>Дополнительные профессиональные компетенции:</b></p>	<p>устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ (ПК-7);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способностью проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований (ПК-8);</li> <li>- способностью разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями (ПК-9);</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- готовностью обосновывать принятие конкретного технического решения при создании электротехнического оборудования на базе силовой электроники (ДПК-1).</li> <li>- способностью демонстрировать навыки выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и модулей электронных средств в соответствии с техническим заданием (ДПК-2)</li> </ul>	<p>ники;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- информацией об областях применения и перспективах развития приборов промышленной электроники</li> </ul> <p style="text-align: center;">Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать перспективные направления развития промышленной электроники с учетом мирового опыта и перспективных разработок;</li> <li>- применять современные методы и средства исследования для решения конкретных задач развития силовой электроники;</li> <li>- понимать и использовать характеристики силовых электронных приборов;</li> <li>- оценивать конструктивные особенности построения устройств силовой электроники;</li> <li>- определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ</li> <li>- строить и использовать модели для описания процессов в приборах и устройствах промышленной электроники</li> <li>- разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями</li> </ul> <p style="text-align: center;">Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками работы с системами проектирования приборов и устройств промышленной электроники;</li> <li>- навыками самостоятельно проводить расчеты по определению параметров и характеристик устройств промышленной электроники;</li> <li>- навыками построения схем сило-</li> </ul>
--	---	---

		вой части и систем управления устройств силовой электроники. - навыками разработки и оформление проектной и рабочей технической документации с методическими и нормативными требованиями
--	--	---

#### **4. Структура и содержание дисциплины**

Программа разделена на два модуля, каждый из которых имеет рейтинговую систему контроля.

Закрепление знаний и умений по каждому из модулей достигается проведением практических занятий, выполнением самостоятельной работы по заданию преподавателя, контрольной работы.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетные единицы. **108** часов



	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				л	пр	КС Р	сам	
1	<b>Модуль 1. Основы схемотехники аналоговых и цифровых устройств промышленной электроники</b>	1		8	8		32	Реферат, Контрольная работа
2	<b>Модуль 2. Схемотехника усилительных каскадов и генераторов</b>	2		12	8		40	Реферат, Контрольная работа
	<b>Итого</b>			20	16		72	

## 5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Схемотехнические решения в промышленной электронике» применяются следующие информационные технологии:

**Интерактивное обучение** (моделирующие компьютерные программы Electronics Workbench, MathCAD для моделирования и симуляция процессов и объектов микросхемотехники)

**Мультимедийное обучение.** Для мультимедийного обучения составлены презентации по следующим темам:

- Микросхемы памяти

- Операционные усилители: устройство, работа, применение.
- ЦАП и АЦП.
- Усилители переменного тока и генераторы
- Выпрямители переменного тока и инверторы

Для усвоения дисциплины используются электронные базы учебно-методических ресурсов, электронные библиотеки.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, с использованием современных компьютерных средств обучения и демонстрации в учебном процессе составляет не менее 70% лекционных занятий

## **6. Фонд оценочных средств проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Активность на практических занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссии по предложенной проблематике;
- интенсивность консультаций с преподавателем по выполнению домашней работы.

Самостоятельная работа оценивается по следующим критериям:

- соблюдение структуры работы согласно заданию;
- правильность построения и анализа профилей поверхности образца;
- способность аргументировано объяснить на защите работы её выполнение.

### **6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.**

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-1	<b>Знать:</b>	

<p>ОПК-4 ОПК-5</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- современные достижения науки и передовые технологии в области промышленной электроники.</li> <li>- фундаментальные физические закономерности, определяющие свойства полупроводников.</li> <li>- физические основы твердотельной и микроэлектроники.</li> <li>- принципы работы полупроводниковых приборов для применения в промышленной электронике – диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров, схемотехнические решения в промышленной электронике</li> </ul>	<p>Устный опрос</p>
<p>ПК-6-9 ДПК-1 ДПК-2</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современные методы исследований в области физики полупроводников;</li> <li>- владеть информацией об областях применения и перспективах развития приборов и устройств силовой электроники</li> <li>- методами экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов промышленной электроники;</li> <li>- информацией об областях применения и перспективах развития приборов</li> </ul>	<p>Устный опрос</p>
<p>ОПК-1 ОПК-4 ОПК-5</p>	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области физики и технологии полупроводниковых приборов</li> <li>- проводить оценочные расчеты физических характеристик полупроводниковых материалов; применять полученные знания при теоретическом анализе и компьютерном моделировании устройств микроэлектроники.</li> <li>- организовать работы коллектива исполнителей, принятие исполнительских решений в условиях спектра мнений.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать перспективные направления развития промышленной электроники с</li> </ul>	<p>Устный опрос</p>

<p>ПК-6-9 ДПК-1 ДПК-2</p>	<p>учетом мирового опыта и перспективных разработок;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять современные методы и средства исследования для решения конкретных задач развития промышленной электроники;</li> <li>- понимать и использовать характеристики силовых электронных приборов;</li> <li>- оценивать конструктивные особенности построения устройств силовой электроники;</li> <li>- определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ</li> <li>- строить и использовать модели для описания процессов в приборах и устройствах силовой электроники</li> <li>- разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями</li> </ul>	<p>Устный опрос</p>
<p>ОПК-1 ОПК-4 ОПК-5</p> <p>ПК-6-9 ДПК-1 ДПК-2</p>	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретической базой по схемотехнике, характеристикам и принципу действия промышленных электронных приборов, логикой рассуждений, навыками самостоятельного получения информации ее анализа и обобщения для решения творческих задач в области силовой электроники и требующего подходящего метода решения в области применения устройств промышленной электроники</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками работы с системами проектирования приборов промышленной электроники;</li> <li>- навыками самостоятельно проводить схемотехнические расчеты устройств промышленной электроники;</li> <li>- навыками построения схем силовой части и систем управления устройств силовой электроники.</li> <li>- навыками разработки и оформление проектной и рабочей технической до-</li> </ul>	<p>Устный опрос, письменный опрос, выступление на семинарах, мини-конференциях.</p> <p>Устный опрос, письменный опрос, выступление на семинарах, мини- конференциях.</p>

	кументации с методическими и нормативными требованиями	
--	--	--

## 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

Схема оценки уровня формирования компетенции

**ОПК-1** - способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о современных тенденциях развития электроники, в том числе силовой электроники	Знаком с современными тенденциями развития электроники, в том числе промышленной электроники	Показывает знания современных тенденций развития электроники, в том числе промышленной электроники, понимает основные проблемы в данной области	Демонстрирует знания современных тенденций развития электроники, в том числе промышленной электроники, показывает готовность к углубленному анализу проблем в данной области
Базовый	Умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в приборах и устройствах промышленной электроники; выбирать методы и средства решения конкретных задач	Участвует в анализе теоретических моделей физических процессов и явлений в приборах и устройствах промышленной электроники; умеет выбирать методы и средства решения конкретных задач	Демонстрирует умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в приборах и устройствах промышленной электроники; выбирать методы и средства решения конкретных задач	Способен создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в приборах и устройствах промышленной электроники; самостоятельно изучать специальную научную литературу, выбирать методы и средства решения конкретных задач

**ОПК-4** - способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области

Уровень	Показатели (что	Оценочная шкала
---------	-----------------	-----------------

	обучающийся должен продемонстрировать)	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знание современного состояния промышленной электроники, теоретические и экспериментальные работы в профильной области, современные методы исследований	Знаком с современным состоянием промышленной электроники, теоретическими и экспериментальными работами в профильной области, современными методами исследований	Показывает знания современного состояния промышленной электроники, теоретических и экспериментальных работ в профильной области, современных методов исследований	Демонстрирует умение самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в области промышленной электроники

**ОПК-5** - готовность оформлять, представлять, докладывать и аргументировано защищать результаты выполненной работы

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Знание требований к оформлению результатов выполненной работы, методов обработки и представления результатов измерений	Знаком с требованиями оформления результатов выполненной работы, методами обработки и представления результатов измерений	Показывает знания требований к оформлению результатов выполненной работы, методов обработки и представления результатов измерений	Демонстрирует умение выполнять требования при оформлении результатов выполненной работы, применять методы обработки и представления результатов измерений

**ПК-6** - способностью анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Умение анализировать современное состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и	Участвует в анализе состояния научно-технической проблемы путем подбора, изуче-	Демонстрирует умение анализировать современное состояние научно-технической про-	Способен анализировать современное состояние научно-технической проблемы путем

	анализа литературных и патентных источников	ния и анализа литературных и патентных источников	блемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников; самостоятельно изучать специальную научную литературу	подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников; самостоятельно изучать специальную научную литературу
--	---	---	--	--

**ПК-7** - готовностью определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Умение определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств промышленной электроники, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	Знаком с методами проектирования электронных приборов, схем и устройств промышленной электроники, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	Демонстрирует умение определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств промышленной электроники, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ	Способен самостоятельно выбирать цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств промышленной электроники, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ

**ПК-8** - способностью проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Умение проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований	Знаком с методами проектирования электронных приборов, схем и устройств промышленной электроники с учетом заданных	Демонстрирует умение проектировать схемы и устройства промышленной электроники с учетом заданных требований	Способен самостоятельно проектировать схемы и устройства промышленной электроники с учетом заданных требований

		требований		
--	--	------------	--	--

**ПК-9** - способностью разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Умение разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями	Знаком с методами подготовки проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными требованиями	Демонстрирует умение разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями	Способен самостоятельно разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями

**ДПК-1** - готовностью обосновывать принятие конкретного технического решения при создании электротехнического оборудования на базе силовой электроники.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Умение обосновывать принятие конкретного технического решения при создании электротехнического оборудования на базе приборов промышленной электроники	Имеет представления о необходимости и методах принятия технического решения при создании электротехнического оборудования на базе приборов промышленной электроники	Демонстрирует умение обосновывать принятие технического решения при создании электротехнического оборудования на базе приборов промышленной электроники	Способен самостоятельно обосновывать принятие конкретного технического решения при создании электротехнического оборудования на базе приборов промышленной электроники

**ДПК-2** - способностью демонстрировать навыки выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и модулей электронных средств в соответствии с техническим заданием

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Умение демон-	Показывает	Демонстрирует	Владеет способ-



вый	стрировать навыки выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и модулей промышленной электроники в соответствии с техническим заданием	навыки проводить частичный расчет и проектирование деталей, узлов и модулей промышленной электроники в соответствии с техническим заданием	навыки выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и модулей промышленной электроники в соответствии с техническим заданием	ностью самостоятельно выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и модулей промышленной электроники в соответствии с техническим заданием
-----	---	--	--	---

## **7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Контроль освоения студентом дисциплины осуществляется в рамках модульно-рейтинговой системы в ДМ, включающих текущую, промежуточную и итоговую аттестации.

По результатам текущего и промежуточного контроля составляется академический рейтинг студента по каждому модулю и выводится средний рейтинг по всем модулям.

По результатам итогового контроля студенту засчитывается трудоемкость дисциплины в ДМ, выставляется дифференцированная отметка в принятой системе баллов, характеризующая качество освоения студентом знаний, умений и навыков по данной дисциплине.

В соответствии с учебным планом предусмотрен зачет во 2-м семестре.

Формы контроля: текущий контроль, промежуточный контроль по модулю, итоговый контроль по дисциплине предполагают следующее распределение баллов.

*Текущий контроль:*

- посещаемость занятий 5 баллов
- активное участие на занятиях 25 баллов
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ 5 баллов
- написание и защита рефератов 5 баллов

Максимальное суммарное количество баллов по результатам текущей работы для каждого модуля – 40 баллов.

*Промежуточный контроль* освоения учебного материала по каждому модулю проводится преимущественно в форме тестирования.

Максимальное количество баллов за промежуточный контроль по одному модулю - 60 баллов. Результаты всех видов учебной деятельности за каждый модульный период оценивается рейтинговыми баллами.

Минимальное количество средних баллов по всем модулям, которое дает право студенту на положительные отметки без итогового контроля знаний:

- от 51 до 69 балла – удовлетворительно
- от 70 до 84 балла – хорошо
- от 85 до 100 балла – отлично
- от 51 и выше - зачет

*Итоговый контроль* по дисциплине осуществляется преимущественно в форме тестирования по бально-рейтинговой системе, максимальное количество которых равно – 100 баллов.

Критерии оценок следующие:

- 100 баллов – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности.
- 90 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- 80 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- 70 баллов - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- 60 баллов – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- 50 баллов – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- 40 баллов – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- 20-30 баллов - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- 10 баллов - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- 0 баллов – нет ответа.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### ***Основная:***

1. У.Титце, К.Шенк Полупроводниковая схемотехника: в 2 томах.: пер.с немецкого- М.:Додека – XXI? 2008.Том 1 и 2.
2. Алексенко А.Г., Основы микросхемотехники. – Учебное издание. - 3-изд.- М.:ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002.
3. Алексенко А.Г., Шагурин И.И. Схемотехника: Учебное пособие для ВУ-Зов. - М.: Радио и связь, 1990.
4. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. изд-е 5. - М.: Мир, 1998.
5. Соклоф С. Аналоговые интегральные схемы. .- М.: Мир, 1988.
6. Дж.Рег. Промышленная электроника.-М. : ДМК Пресс; 2011. -1136с.:ил.
7. Каганов К.Л. Промышленная электроника. М. «Энергия»,1964г.
8. Гусев Н.Н., Мельцер Б.Н. Основы промышленной электроники. Минск, «Высшая школа», 1969г.
9. А. В Глазачев, В.П. Петрович. Физические основы электроники. -Томский политехнический институт. Томск, 2009.

### *Дополнительная:*

1. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2000.
2. Пухальский Г.И., Новосельцева Г.Я. Цифровые устройства: Учебное пособие для ВТУЗов. – СПб: Политехника, 1996.
3. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И.. Аналоговая и цифровая электроника. Учебник. М., Горячая Линия-Телеком, 1999.
4. Браммер Ю.А., Пашук И.Н.. Импульсные и цифровые устройства. М., Высшая школа, 1999.
5. Программируемые логические ИМС на КМОП- структурах и их применение/ Мальцев П.П., Гарбузов Н.И., Шаронов А.П., Кнышев А.А.. – М.: Энергоатомиздат, 1998.
6. Красько А.С. Схемотехника аналоговых электронных устройств. Учебное пособие. –Томск:Издательство «В-Спектр», 2005. -180с.
7. Интернет ресурсы:
  - [www.elsevierscience.ru](http://www.elsevierscience.ru);
  - [www.edu.ru](http://www.edu.ru);
  - [www.window.edu.ru](http://www.window.edu.ru)
  - [www.nisrussia.ru](http://www.nisrussia.ru);
  - [www.neicon.ru](http://www.neicon.ru);
  - [www.springerlink.cjm.journals](http://www.springerlink.cjm.journals)

### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Наименование лабораторий, ауд.: физический факультет, ауд. 2-41 (лекционная), 2-36(лаборатория).

Основное оборудование: лабораторные стенды по микросхемотехнике, основам электроники, цифровым и аналоговым приборам твердотельной электроники, мультимедийный проектор-1913г.; ноутбук aser-1913г.; интерактивная электронная доска.

## Перечень наглядных пособий

### 1. Программы для ЭВМ:

- Интегрированный пакет MATHCAD.
- Интегрированный пакет Electronics Workbench.
- Автокад

### 2. Презентации:

- Микросхемы памяти
- Операционные усилители: устройство, работа, применение.
- Усилители переменного тока на биполярных и полевых транзисторах.
- Выпрямители переменного тока и инверторы.
- ЦАП и АЦП.

## 10. Материалы, устанавливающие содержание и порядок изучения дисциплины.

### 2.1. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Названия разделов и тем	Всего часов по уч. плану	Виды учебных занятий			
		Аудиторные занятия, в том числе			Самост. работа
		лек-ции	Практ. занятия, семинары	КСР	
<b>Модуль 1. Основы схемотехники аналоговых и цифровых устройств промышленной электроники</b>					
1. Логические основы цифровой техники		2	2		8

2. Функциональные и схемотехнические решения аналоговых микросхем		2	2		10
3. Схемотехнические решения операционных усилителей (ОУ), ЦАП и АЦП		4	4		14
<b>Модуль 2. Схемотехника усилительных каскадов и генераторов</b>					
1. Схемотехника усилительных каскадов и генераторов на биполярных транзисторах		4	2		4
2. Схемотехника усилительных каскадов на полевых транзисторах		2	2	2	4
3. Схемотехника генераторов		2	2		
4. Схемотехнические решения выпрямителей и инверторов		4	2		4
<b>ИТОГО</b>	108	20	16		72

## 11. Содержание дисциплины.

### **Модуль 1. Основы схемотехники аналоговых и цифровых устройств промышленной электроники**

#### 1.1. Логические основы цифровой техники

Предмет дисциплины и ее задачи. Общие сведения о цифровом сигнале и цифровом устройстве. Основные понятия и законы алгебры логики. Формы и способы представления логических функций. Функционально полная система элементарных функций. Логические элементы, их основные параметры. Интегральные логические элементы ТТЛ, ТТЛШ, ЭСЛ, И2Л, МОП — и КМОП — технологий.

## 1.2. Функциональные и схемотехнические решения аналоговых микросхем

Аналоговые сигналы и аналоговые функции. Виды аналоговых интегральных микросхем. Схемотехника усилительных каскадов. Входные и оконечные каскады. Дифференциальные усилители постоянного тока. Схемотехника усилителей с непосредственными связями. Усилители низкой частоты, коэффициент усиления, АЧХ, основные схемы построения. Резонансные усилители. Мощные усилительные каскады. Особенности схемотехники многокаскадных усилителей в интегральном исполнении. Взаимосогласованность и избыточность аналоговых интегральных структур. Схемы сдвига уровня потенциала. Источники опорного напряжения и тока.

## 1.3. Схемотехнические решения операционных усилителей (ОУ), ЦАП и АЦП

Обратная связь и её влияние на показатели и характеристики аналоговых устройств. Положительная и отрицательная обратная связь в усилителях сигналов. Петлевое усиление и глубина обратной связи. Устойчивость усилителей с ОС. Частотнозависимая ОС и АЧХ усилителей с ОС. Статический режим работы усилительных каскадов на транзисторах. Расчет режима работы транзистора по постоянному току. Режимы класса А, В, С, Д. Линия нагрузки. Выбор рабочей точки. Способы включения транзисторов в усилительных каскадах и особенности их расчета по постоянному току. Термостабилизация рабочей точки. Схемы подачи напряжения смещения на транзисторы.

Структурные и принципиальные схемы ОУ. Основные характеристики и параметры ОУ. Способы улучшения рабочих характеристик и параметров. Источники погрешности ОУ. Особенности схемотехники прецизионных, микро-мощных, быстродействующих и высоковольтных ОУ. Способы включения ОУ. Многофункциональность ОУ.

Методы АЦ- и ЦА- преобразований. Структурные схемы преобразователей. Схемы выборки и хранения аналоговых сигналов. Резисторные матрицы

суммирования напряжений и токов. Токовые ключи. Аналоговые коммутаторы. ЦАП с резистивной матрицей и с R-2R

Аналого-цифровые преобразователи. Виды преобразователей АЦП. АЦП прямого преобразования и последовательных приближений. АЦП параллельного преобразования.

Основные тенденции совершенствования элементной базы микросхемотехники. Нанотехнологии и основные принципы микросистемной техники.

## **Модуль 2. Схемотехника усилительных каскадов и генераторов**

### **2.1. Схемотехника усилительных каскадов на биполярных транзисторах.**

Транзисторы. Принцип действия биполярного транзистора. ВАХ биполярного транзистора. Транзисторные усилители. 3 схемы включения транзистора,  $h$  – параметры. Усилительный каскад с общим эмиттером. Графический расчет основных параметров. Температурная стабилизация усилительных каскадов на биполярных транзисторах. Усилительный каскад с общим коллектором. Режимы работы усилительных каскадов. Избирательные усилители. Усилители мощности. Однотактные и двухтактные схемы. Обратная связь в усилителях.

### **2.2. Схемотехника усилительных каскадов на полевых транзисторах**

Полевые транзисторы. Типы. Стоковые характеристики. Переходные характеристики. Система обозначения полупроводниковых приборов. Примеры. Усилительный каскад с общим стоком. Усилительный каскад с общим истоком. Избирательные усилители и усилители мощности на полевых транзисторах. Однотактные и двухтактные схемы усиления.

### **2.3 Схемотехника генераторов**

Положительная обратная связь в генераторах. Последовательный и параллельный колебательные контуры. Генераторы синусоидальных сигналов. Генераторы прямоугольных и пилообразных сигналов. мультивибраторы. Триггер Шмитта. Блокинг-генератор.

### **2.4. Схемотехнические решения выпрямителей и инверторов**



Электропитание электронных устройств. Выпрямительные диоды. Трансформаторы. Однополупериодные и двухполупериодные схемы выпрямления. Однофазные и трехфазные выпрямители. Сглаживающие фильтры. Стабилизаторы. Инверторы постоянного напряжения

## **12. Методические указания студентам**

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студенту предоставляется возможность работать во время учебы более самостоятельно, чем учащимся в средней школе. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин, учебный план и расписание занятий вывешивается на 2-м этаже учебного корпуса. Рекомендуется не только ознакомиться с этими документами, но и изучить их.

Ежедневной учебной работе студенту следует уделять 9-10 часов своего времени, т.е. при 6 часах аудиторных занятий самостоятельной работе необходимо отводить 3-4 часа.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог

работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

### **12.1. Работа на лекции**

На лекциях студенты получают самые необходимые данные, во многом дополняющие учебники (иногда даже их заменяющие с последними достижениями науки. Умение сосредоточенно слушать лекции, активно, творчески воспринимать излагаемые сведения является неперенным условием их глубокого и прочного усвоения, а также развития умственных способностей.

Слушание и запись лекций - сложные виды вузовской работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Слушая лекции, надо отвлекаться при этом от посторонних мыслей и думать только о том, что излагает преподаватель. Краткие записи лекций, конспектирование их помогает усвоить материал.

Внимание человека неустойчиво. Требуется волевые усилия, чтобы оно было сосредоточенным. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное. Это должно быть сделано самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое "конспектирование" приносит больше вреда, чем пользы. Некоторые студенты просят иногда лектора "читать помедленнее". Но лекция не может превратиться в лекцию-диктовку. Это очень вредная тенденция, ибо в этом случае студент механически записывает большое количество услышанных сведений, не размышляя над ними.

Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая

красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: "важно", "особо важно", "хорошо запомнить" и т.п. Целесообразно разработать собственную "маркографию"(значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда используй не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

## **12.2. Подготовка к сессии**

Каждый учебный семестр заканчивается аттестационными испытаниями: зачетно - экзаменационной сессией. Подготовка к экзаменационной сессии и сдача зачетов и экзаменов является ответственным периодом в работе студента. Seriously подготовиться к сессии и успешно сдать все экзамены - долг каждого студента. Рекомендуется так организовать свою учебу, чтобы перед первым днем начала сессии были сданы и защищены все лабораторные работы, сданы все зачеты, выполнены другие работы, предусмотренные графиком учебного процесса.

Основное в подготовке к сессии - это повторение всего материала, курса или предмета, по которому необходимо сдавать экзамен. Только тот успевает, кто хорошо усвоил учебный материал.

Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь материал. А это зачастую оказывается невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка к экзаменам будет трудным, а иногда и непосильным делом, а финиш - отчисление из учебного заведения.

В дни подготовки к экзаменам избегай чрезмерной перегрузки умственной работой, чередуй труд и отдых.

При подготовке к сдаче экзаменов старайся весь объем работы распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

### **13. Методические рекомендации для преподавателя**

Одной из задач преподавателя, ведущего занятия по дисциплине, является выработка у бакалавров осознания важности, необходимости и полезности знания дисциплины для дальнейшей работы их инженерами-исследователями, при организации современного производства высококачественной, конкурентоспособной продукции.

Методическая модель преподавания дисциплины основана на применении активных методов обучения. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от различных факторов, влияющих на организацию учебного процесса;
- объединение нескольких методов в единый преподавательский модуль в целях повышения эффективности процесса обучения;
- активное участие слушателей в учебном процессе;
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

Используемые методы преподавания: лекционные занятия с использованием наглядных пособий и раздаточных материалов; метод «мозгового штурма», индивидуальные и групповые задания при проведении практических занятий.

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями СТП. С целью более эффективного усвоения бакалаврами материала данной дисциплины рекомендуется при проведении лекционных занятий использовать наглядные пособия и раздаточные материалы. Для более глубокого изу-

чения предмета бакалаврам представляется информация о возможности использования Интернет-ресурсов по разделам дисциплины.

Для контроля знаний бакалавров по данной дисциплине необходимо проводить рубежный и итоговый контроль.

Рубежный контроль. Бакалаврами по изученной дисциплине выполняются реферативные работы, доклады.

Контрольное тестирование. Этот метод включает в себя задания по всем темам раздела рабочей программы дисциплины.

Итоговый контроль осуществляется в виде зачета в конце семестра.

#### **14. Контрольные вопросы**

1. Что называется полупроводниковым диодом?
2. Какая область полупроводникового диода называется эмиттером?
3. Какая область полупроводникового диода называется базой?
4. Напишите уравнение вольт-амперной характеристики полупроводникового диода?
5. Как влияет повышение температуры на прямую ветвь вольт-амперной характеристики полупроводникового диода?
6. Перечислите и объясните отличия в свойствах и параметрах кремниевых и германиевых выпрямительных диодов.
7. Какие процессы происходят в базе диода в импульсном режиме работы?
8. Что такое стабилитрон?
9. Что такое туннельный диод?
10. Что такое обращенный диод?
11. Почему в варикапах используется только барьерная ёмкость и не используется диффузионная ёмкость?
12. Что такое выпрямитель?
13. Поясните принцип действия однофазного однополупериодного выпрямителя.

14. Поясните принцип действия однофазного двухполупериодного выпрямителя со средней точкой.
15. Поясните принцип действия однофазного мостового выпрямителя.
16. Что такое стабилизатор напряжения?
17. Какие виды сигналов используются в информационных системах?
18. Числа какой системы счисления используются в вычислительной технике?
19. Как связаны законы алгебры логики и работа элементов цифровой логики?
20. Как понять смысл “задания” функций АЛ?
21. Какие законы АЛ отражают суть понятий о базисе?
22. Нарисуйте схему цифрового логического замка в базисе И-НЕ, в которой сигнал на выходе замка принимает значение лог. “1” ( $Z=1$ ) при выполнении условия  $X_1=0; X_2=1; X_3=1; X_4=1; X_5=0; X_6=1$ .
23. Можно ли построить полный дешифратор на элементах базиса ИЛИ-НЕ? Составьте аналитическое выражение (функции), описывающее работу дешифратора в базисе И-НЕ.
24. Синтезируйте схему мультиплексора 2-1, и на базе синтезированного мультиплексора постройте схему сумматора по модулю два (исключительное ИЛИ).
25. Будет ли работать формирователь коротких импульсов, если число элементов задержки четное? Если да, то как будет выглядеть сформированный импульс?
26. Попробуйте перечислить функциональные отличия схемы формирователя импульса с удлиняющей RC цепью от схемы с дифференцирующей цепью.
27. Какую роль играет в триггерах Шмитта положительная обратная связь?
28. Почему значение частоты генераторов импульсов, построенных с использованием времязадающих RC цепей определяется только приближенными соотношениями ( $f_{и} \cong 1/2RC$ )?
29. Можно ли использовать ГЛИН в качестве автогенератора импульсов?
30. Можно ли использовать цифровые элементы логики при обработке аналоговых сигналов?

31. Какие типы ИМС целесообразнее применять в различных узлах формирователей импульсов?
32. Поясните физический смысл основных параметров ЦАП и АЦП. От каких внешних и внутренних факторов они зависят?
33. Какие физические ограничения препятствуют бесконечному уменьшению шага квантования в ЦАП и АЦП?
34. Нарисуйте схему простейшего 5-ти разрядного ЦАП с резисторной матрицей  $R - R^n$ .
35. Каким быстродействием должен обладать АЦП для удовлетворительного преобразования в цифровую форму сигналов речи с верхней частотой до 5 кГц?
36. Дайте сравнительные характеристики всем типам АЦП. Укажите, какой тип АЦП может преобразовать телевизионные сигналы.
37. Нарисуйте схему простейшего АЦП последовательно счета с использованием ЦАП.
38. Нарисуйте схемы функциональных ЦАП и расскажите их принцип действия.
39. Какая схема включения биполярного транзистора наряду с усилением по напряжению даёт также усиление по току.
40. Во сколько раз, биполярный транзистор, включенный по схеме с общим эмиттером, усиливает ток базы.
41. Усиление по напряжению в какой схеме остается таким же, как в схеме с общей базой.
42. Почему усиление по мощности в схеме с общим эмиттером значительно больше, чем в схеме с общей базой.
43. Какая схема включения биполярного транзистора имеет более приемлемые значения входного и выходного сопротивлений - входное больше, а выходное сопротивление меньше, чем в схеме с общей базой.
44. Какая схема включения биполярного транзистора находит наибольшее применение на практике.

45. Какая схема включения биполярного транзистора хоть и имеет меньшее усиление по мощности и имеет меньшее входное сопротивление, все же ее иногда применяют на практике, т.к. имеет лучшие температурные свойства.
46. Какая схема включения биполярного транзистора дает усиление по току и по мощности, но не дает усиления по напряжению.
47. Какая схема включения биполярного транзистора очень часто применяют в качестве входного каскада усиления из-за его высокого входного сопротивления и способности не нагружать источник входного сигнала, а также имеет наименьшее выходное сопротивление.
48. Нарисуйте схему усилительного каскада на биполярного транзисторе.
50. Объясните роль положительной обратной связи в генераторе сигналов
51. Объясните роль отрицательной обратной связи в усилительном каскаде.
52. Охарактеризуйте режимы работы биполярного транзистора.
53. Каким образом в транзисторе происходит усиление электрических колебаний по мощности?
54. Охарактеризуйте схемы включения биполярного транзистора.
4. Нарисуйте и объясните семейство выходных характеристик транзистора в схеме с общей базой.
55. Нарисуйте и объясните семейство выходных характеристик транзистора в схеме с общим эмиттером.
56. Как влияет температура на характеристики транзистора?
57. Поясните, как определяются  $h$ -параметры по характеристикам транзистора?
58. Какие существуют эквивалентные схемы транзистора?
59. Охарактеризуйте режимы работы усилительных каскадов.
60. Нарисуйте и объясните временные диаграммы работы транзистора в ключевом режиме.
- б режиме?
62. Что такое динамические потери при работе транзистора в ключевом режиме?



63. Что представляет собой дифференциальный каскад усиления?
64. Что такое составной транзистор?
65. Полевой транзистор с изолированным затвором - это полупроводниковый прибор, в котором управляющий электрод отделен от токопроводящего канала слоем диэлектрика.
66. В отличие от полевого транзистора с управляющим  $p-n$ -переходом входное сопротивление полевого транзистора с изолированным затвором остается очень \_\_\_\_\_ при любой полярности поданного на вход напряжения.
67. Полевые транзисторы со встроенным каналом могут работать как в режиме \_\_\_\_\_, так и в режиме \_\_\_\_\_ канала свободными носителями заряда.
68. Полевые транзисторы с индуцированным каналом могут работать только в режиме \_\_\_\_\_.
69. Основными достоинствами полевого транзистора являются его \_\_\_\_\_ и высокая \_\_\_\_\_. Последнее обуславливает широкое применение полевых транзисторов при разработке микросхем.
70. Какие разновидности полевых транзисторов существуют?
71. Почему полевые транзисторы с управляющим  $p-n$ -переходом не должны работать при прямом напряжении на входе  $U_{зи}$  ?
72. Почему при изменении напряжения  $U_{си}$  толщина канала вдоль его длины меняется неодинаково?
73. Чем отличается полевой транзистор с изолированным затвором от транзистора с управляющим  $p-n$ -переходом?
74. Чем отличаются структуры МДП-транзисторов с индуцированным и со встроенным каналом? Как это отличие отражается на статических характеристиках?
75. Нарисуйте и объясните управляющие и выходные характеристики полевого транзистора.
76. Дайте сравнительную характеристику МДП- и биполярного транзистора.

77. Что такое комбинированный транзистор?

78. Какие преимущества биполярных и полевых транзисторов сочетает в себе *IGBT*?