

**ПРОГРАММА**  
**вступительного экзамена по образовательным программам высшего образования –**  
**программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре**  
**по направлению подготовки – 13.06.01 Электро- и теплотехника**  
**(очная и заочная форма обучения)**

*направленность (профиль): 05.09.12 Силовая электроника*

**Содержание вступительного экзамена.**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
<b>Раздел 1. Полупроводниковые приборы</b>		
1.	Тема 1. Основные свойства чистых и примесных полупроводников	Электропроводность чистых и примесных полупроводников. Токи в полупроводнике (дрейфовый и диффузионный). Подвижность носителей в полупроводнике, ее зависимость от температуры, концентрации примесей и напряженность электрического поля. Зависимость удельного сопротивления примесного полупроводника от температуры. Механизм рекомбинации и время жизни носителей. Закон убывания концентрации носителей за счет рекомбинации. Уравнение непрерывности.
2.	Тема 2. Электронно-дырочный переход, контакт металл-полупроводник	Зонная диаграмма p-n перехода. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) p-n перехода, виды его пробоя. Процессы в контакте металла с полупроводником.
3.	Тема 3. Полупроводниковый диод	Структура и особенности ВАХ полупроводникового диода. Температурные свойства параметров и характеристики диода. Разновидности диодов (стабилитроны, диоды Шоттки, туннельные диоды). Основные приемы конструирования и технологии изготовления диодов.
4.	Тема 4. Биполярный транзистор	Устройство, принцип действия, режимы работы в зависимости от сочетания полярностей напряжения на переходах биполярного транзистора, анализ процессов в базе транзистора – характер движения носителей, влияние электрического поля, распределение концентрации неосновных носителей. Соотношение между токами электродов транзистора. Характеристики транзистора при включении по схемам с общей базой и общим эмиттером. Уравнения Эберса-Молла для статических ВАХ идеализированного транзистора. Малосигнальная эквивалентная схема транзистора, влияние температуры, частоты и нагрузки на параметры эквивалентной схемы. Ключевой режим биполярного транзистора. Режим отсечки и насыщения. Анализ переходных процессов в транзисторе методом заряда.
5.	Тема 5. Биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ) (IGBT)	Устройство и принцип действия (БТИЗ). Схема замещения и ВАХ БТИЗ, электрические и температурные параметры схемы замещения, требования к управляющим сигналам. Особенности использования БТИЗ в технических устройствах.
6.	Тема 6. Полевые транзисторы	Устройство, принцип действия и ВАХ полевых транзисторов с управляющим p-n переходом. Транзисторы МДП-типа с встроенным и индуцированным каналом. Схемы замещения, параметры и характеристики полевых транзисторов.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
7.	Тема 7. Оптроны	Оптоэлектронные пары диод – диод, диод – транзистор. Оптоэлектронные приборы повышенной яркости – светодиоды. Схемы включения оптоэлектронных приборов.
8.	Тема 8. Тиристоры	Структура и физические процессы в тиристорах. ВАХ тиристора. Переходные процессы включения и выключения в одно операционных тиристорах. Предельные и классификационные параметры тиристоров. Асимметрично запирающие и обратно проводящие тиристоры. Симисторы, фото- и оптронные тиристоры. Запираемые (двухоперационные) тиристоры.
9.	Тема 9. Микросхемы	Интегральные и гибридные микросхемы. Схемотехника и конструкция, типовые логические микросхемы. Серии микросхем на биполярных и полевых транзисторах.
<b>Раздел 2. Анализ электрических цепей с полупроводниковыми элементами</b>		
10.	Тема 10. Электрические цепи и сигналы	Элементы электрических цепей (источники, потребители и накопители энергии), их параметры и коммутационные процессы в электрических цепях. Постоянные и гармонические токи и напряжения. Комплексная форма представления гармонического процесса в электрической цепи. Периодически изменяющиеся токи и напряжения, разложение сигнала на гармонические составляющие. Параметры и характеристики периодического тока. Модулированные сигналы и их дискретные частотные спектры. Непериодические токи и напряжения. Интеграл Фурье и непрерывные спектры электрических сигналов. Преобразование Лапласа и операторные изображения сигналов.
11.	Тема 11. Установившиеся и переходные процессы в линейных цепях	Анализ установившихся режимов в резистивных цепях, исходные уравнения, способы их решения и проверки. Законы Кирхгофа, баланс мощностей. Гармонические и периодические режимы в линейных цепях с источниками, потребителями и накопителями энергии. Расчетные схемы с комплексными параметрами элементов. Активная, реактивная и полная мощность электрической цепи, мощность искажения. Законы коммутации и начальные условия, исходные алгебраические и дифференциальные уравнения состояния цепи. Классические методы решения дифференциальных уравнений (принужденный и свободный процессы в электрической цепи). Операторный метод анализа процессов в электрической цепи. Реакция электрической цепи на возмущения в виде ступенчатой, импульсной и произвольной функции времени. Пространство состояний электрической цепи, формирование систем алгебраических и дифференциальных уравнений состояний, методы их решения.
12.	Тема 12. Фильтрующие устройства в электрических цепях.	Четырехполосники, их схемы и уравнения. Эквивалентная схема активного четырехполосника. Характеристические параметры и условия согласования пассивного четырехполосника с источником энергии и нагрузкой. Последовательный и параллельный LC-контур, их резонансные и частотные характеристики. LC-фильтры, их характеристические параметры в полосах пропускания и демпфирования сигналов. Пассивные и активные RC-фильтры, их передаточные функции и частотные характеристики.
13.	Тема 13.	Трансформаторы, дроссели, реакторы. Конструктивные

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
	Электромагнитные элементы силовой электроники.	особенности и принципы использования высокочастотных ферритовых электромагнитных элементов. Электрорадиоизделия силовой электроники – конденсаторы, резисторы, светодиодные индикаторы.
<b>Раздел 3. Электронные цепи</b>		
14.	Тема 14. Линейные усилители	Однокаскадные усилители на биполярных и полевых транзисторах. Обратные связи в усилителях, их влияние на параметры и характеристики усилителей. Устойчивость усилителя с обратной связью. Частотные и переходные характеристики усилителей. Методы температурной стабилизации рабочего режима транзисторных усилителей. Операционные усилители. Использование операционных усилителей в схемах масштабирования, суммирования, интегрирования и дифференцирования электрических сигналов. Активные фильтры на основе операционных усилителей и RC-цепей. Генераторы гармонических колебаний с RC- и LC-цепями.
15.	Тема 15. Диодные и транзисторные ключи	Диодные ограничители и фиксаторы уровня напряжения. Транзисторные насыщенные ключи на биполярных транзисторах. Ненасыщенные ключи. Траектория рабочей точки при переключении транзистора. Влияние на траекторию рабочей точки характера нагрузки (R, RL, L, RC). Области безопасной работы. Ключи на полевых транзисторах. Схемотехника ключей на большие мощности. Энергия, рассеиваемая в транзисторах при переключении, основные приемы отвода тепла.
16.	Тема 16. Импульсные схемы	Компараторы, одновибраторы, мультивибраторы и генераторы линейно изменяющегося напряжения на основе дискретных компонентов, операционных усилителей и логических интегральных схем.
17.	Тема 17. Непрерывные стабилизаторы напряжения	Параметрические стабилизаторы напряжения. Транзисторные (в том числе интегральные) стабилизаторы.
<b>Раздел 4. Преобразовательная техника</b>		
18.	Тема 18. Основные схемы одно- и трехфазных выпрямителей	Работа однофазных выпрямителей на активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузки, на нагрузку, содержащую противо-ЭДС и индуктивность. Режим прерывистого тока. Трехфазный мостовой выпрямитель. Внешняя характеристика выпрямителя при различном числе одновременно открытых вентилях. Несимметричный (полууправляемый) выпрямитель, его регулировочная характеристика. Многофазные схемы выпрямления на основе последовательного или параллельного соединения выпрямителей. Взаимодействие выпрямителя с источником переменного тока. Первичные токи многофазных выпрямителей. Коэффициент мощности источника переменного тока при управляемом и неуправляемом режимах работы выпрямителя. Способы повышения коэффициента мощности. Явление вынужденного подмагничивания трансформатора в одно- и трехфазных выпрямителях, способы устранения эффекта подмагничивания. Влияние анодных индуктивностей на работу выпрямителей.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
19.	Тема 19. Инверторы, ведомые сетью, и преобразователи частоты	Переход от выпрямительного режима к инверторному. Электрические процессы в инверторе, ведомом сетью, его регулировочная характеристика. Влияние анодных индуктивностей на работу инвертора, его коэффициент мощности. Реверсивный преобразователь переменного тока. Перекрестная и встречно-параллельная схемы преобразователя. Совместное и раздельное управление преобразователем. Особенности работы преобразователя на индуктивную нагрузку и индуктивную нагрузку с противо-ЭДС. Непосредственный преобразователь частоты.
20.	Тема 20. Импульсные преобразователи и регуляторы постоянного напряжения (ППН)	Однотактные понижающие, повышающие и инвертирующие импульсные ППН, их внешние и регулировочные характеристики. Транзисторные преобразователи напряжения с передачей энергии через трансформатор на интервале формирования импульса и во время паузы. Двухтактные импульсные ППН. Однофазные корректоры коэффициента мощности.
21.	Тема 21. Автономные инверторы и преобразователи на их основе	Автономные инверторы тока и напряжения, их внешние характеристики, основные схемы и особенности. Преобразователи частоты на основе инверторов напряжения и тока. Параллельный и последовательный резонансные инверторы без обратных диодов, токи и напряжения в инверторах при граничном режиме работы и в режиме с паузой. Резонансные инверторы с обратными диодами. Преобразователи постоянного напряжения с звеном повышенной частоты.
<b>Раздел 5. Системы управления преобразователями</b>		
22.	Тема 22. Обработка информации	Количественная оценка информации. Виды сигналов. Характеристики аналоговых сигналов – спектры и функции распределения. Передача информации модулированными сигналами с гармоническим и импульсным носителями. Кодирование цифровых сигналов, виды цифровых кодов. Понятие о системах счисления, обратном и дополнительном кодах. Кодовые расстояния, избыточное кодирование, коды с обнаружением и исправлением ошибок. Способы цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразований. Преобразователи, основанные на последовательном счете, поразрядном уравнивании и считывании. Преобразователи временных интервалов: аналоговый сигнал – интервал, аналоговый сигнал – частота, интервал – код, частота – код.
23.	Тема 23. Основы проектирования цифровых узлов и устройств	Комбинационные логические устройства. Логические функции, способы их описания, реализации с использованием типовых логических элементов И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ. Дешифраторы, мультиплексоры, арифметические логические устройства – принцип их действия и особенности использования. Основные виды триггеров, построение счетчиков и регистров. Реверсивные счетчики. Емкость счетчика и управление ею. Регистры с последовательным и параллельным вводом и выводом информации. Автоматы на основе интегральных микросхем. Способы описания состояния автоматов, таблицы переходов и выходов. Кодирование входов, выходов и внутренних состояний автоматов. Противогоночное кодирование. Синтез узлов на основе типовых логических элементов. Виды полупроводниковых запоминающих устройств. Способы расширения адресного

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
		пространства и разрядности данных запоминающего устройства. Программирование ПЗУ, ОЗУ, РПЗУ. ПЗУ как многофункциональный логический элемент. Построение автоматов на основе программируемых ПЗУ с обратными связями.
24.	Тема 24. Микропроцессорная техника систем управления	Программная реализация процедуры сбора, вычислительных операций над информацией и управления. Структура микропроцессорной системы, ее составные части. Магистральный способ связи узлов. Магистралы данных, адреса управления. Функционирование микропроцессора при выполнении команд. Машинные циклы, слова состояния процессора. Виды команд. Переходы – выполнение подпрограмм, стек, прерывания и обработка прерываний, прямой доступ к памяти. Однокристалльные и разрядно-модульные микропроцессоры, однокристалльные микро-ЭВМ, периферийные устройства микропроцессорных систем (интерфейсы).

### Перечень вопросов к вступительному экзамену

1. Электропроводность чистых и примесных полупроводников, дрейфовые и диффузионные токи.
2. Зонная диаграмма p-n-перехода, его вольтамперная характеристика, виды пробоя.
3. Процессы в контакте металл-полупроводник, его вольтамперная характеристика.
4. Разновидности полупроводниковых диодов (выпрямительные, стабилитроны, диоды Шоттки, туннельные диоды)
5. Структура, принцип действия биполярного транзистора, режимы работы в зависимости от сочетания полярностей напряжения на переходах.
6. Работа биполярного транзистора в нормальном активном режиме, анализ процессов в базе (характер движения носителей, влияние электрического поля); соотношение между токами электродов транзистора.
7. Статические характеристики биполярного транзистора при включении с общей базой и общим эмиттером. Уравнения Эберса-Молла идеализированного транзистора.
8. Малосигнальные эквивалентные схемы биполярного транзистора, влияние температуры, частоты и нагрузки на параметры эквивалентной схемы.
9. Ключевой режим биполярного транзистора; анализ переходных процессов в транзисторе методом заряда.
10. Устройство и принцип действия биполярного транзистора с изолированным затвором (БТИЗ) (IGBT).
11. Устройство, принцип действия и ВАХ полевых транзисторов с управляющим p-n переходом; малосигнальная схема замещения.
12. Устройство, принцип действия и ВАХ полевых транзисторов МДП-типа с встроенным и индуцированным каналом; малосигнальная схема замещения.
13. Светодиоды и оптоэлектронные пары диод – диод, диод – транзистор.
14. Структура, принцип действия и ВАХ тиристор. Переходные процессы при включении и выключении однооперационных тиристор.
15. Интегральные и гибридные микросхемы, их схемотехника и конструкции.
16. Серии микросхем на биполярных и полевых транзисторах.
17. Модулированные сигналы и их дискретные частотные спектры.
18. Интеграл Фурье и непрерывные спектры электрических сигналов.
19. Преобразование Лапласа и операторные изображения сигналов.
20. Реакция простейших RC- и RL-цепей на возмущения в виде ступенчатой, импульсной и произвольной функции времени.
21. Пространство состояний электрической цепи, формирование систем дифференциальных уравнений состояния, методы их решения.

22. Последовательный и параллельный LC-контур, их передаточные функции и частотные характеристики.
23. Трансформаторы и дроссели, их эквивалентные схемы.
24. Однокаскадные усилители на биполярных и полевых транзисторах, их усилительные свойства, входные и выходные сопротивления. Методы температурной стабилизации рабочего режима.
25. Обратные связи в усилителях, их влияние на параметры и характеристики усилителей.
26. Операционные усилители (ОУ). Использование ОУ в схемах масштабирования, суммирования, интегрирования и дифференцирования электрических сигналов.
27. Генераторы гармонических колебаний с RC- и LC-цепями.
28. Диодные ограничители и фиксаторы уровня.
29. Транзисторные ключи на полевых транзисторах, ключи комплементарного типа.
30. Мультивибраторы, мультивибраторы и генераторы линейно изменяющегося напряжения на дискретных компонентах и ОУ.
31. Непрерывные стабилизаторы напряжения (параметрические и компенсационные).
32. Основные схемы однофазных выпрямителей, их работа на активно-индуктивную и активно-емкостную нагрузки. Внешние характеристики при различных нагрузках.
33. Основные схемы трехфазных выпрямителей, их работа на активно-индуктивную нагрузку.
34. Влияние анодных индуктивностей на работу выпрямителей.
35. Переход от выпрямительного режима к инверторному. Электрические процессы в инверторе, ведомом сетью, его регулировочные и ограничительная характеристика.
36. Однотактные понижающие, повышающие и инвертирующие импульсные ППН, их внешние и регулировочные характеристики в РНТ и РПТ.
37. Транзисторные ППН с передачей энергии через трансформатор на интервале формирования импульса и во время паузы.
38. Однофазные корректоры коэффициента мощности.
39. Автономные инверторы тока и напряжения, их основные схемы, внешние характеристики.
40. Преобразователи частоты на основе инверторов напряжения и тока.
41. Параллельный и последовательный резонансные инверторы без обратных диодов. Резонансные инверторы с обратными диодами.
42. Преобразователи постоянного напряжения с звеном повышенной частоты.
43. Способы цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразований. Преобразователи, основанные на последовательном счете, поразрядном уравнивании и считывании.
44. Преобразователи временных интервалов: аналоговый сигнал – интервал, аналоговый сигнал – частота, интервал – код, частота – код.
45. Логические функции, способы их описания, реализации с использованием типовых логических элементов И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ.
46. Дешифраторы, мультиплексоры, арифметические логические устройства.
47. Основные виды триггеров, построение счетчиков и регистров.
48. Виды полупроводниковых запоминающих устройств. Программирование ПЗУ, ОЗУ, РПЗУ.
49. Структура микропроцессорной системы, ее составные части. Магистральный способ связи узлов. Магистраль данных, адреса управления.
50. Функционирование микропроцессора при выполнении команд. Машинные циклы, слова состояния процессора. Виды команд.
51. Однокристалльные и разрядно-модульные микропроцессоры, однокристалльные микро-ЭВМ, периферийные устройства микропроцессорных систем (интерфейсы).

## Рекомендуемая литература

### Рекомендуемая основная литература

№	Название
1.	Шишкин Г.Г., Шишкин А.Г. Электроника. – М.: Дрофа, 2009. – 704 с.
2.	Кисилев Г.Г. Квантовая и оптическая электроника. – СПб.: Лань. 2011. – 320 с.
3.	Белов Г.А. Электронные цепи и микросхемотехника: учебное пособие для вузов. –

	Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. ун-та, 2004. – 780 с.
4.	Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров. – 12-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 701 с.
5.	Зиновьев Г.С. Силовая электроника: учебное пособие для бакалавров. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 667 с.
6.	Иванов А.Г., Белов Г.А., Сергеев А.Г. Системы управления полупроводниковыми преобразователями. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. ун-та, 2010. – 447 с.
7.	Новиков Ю.В., Скоробогатов П.К. Основы микропроцессорной техники: учебное пособие. – 4-е изд., испр. – М.: Бином. Лаб. знаний, Интернет-ун-т информ. технологий, 2009. – 357 с.

Рекомендуемая дополнительная литература

№	Название
1.	Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Физические основы электроники. – М.: Лань, 2013. – 560 с.
2.	Лачин В.И., Савелов Н.С. Электроника. – Ростов н/Д: Феникс. 2007. – 703 с.
3.	Гуртов В.А. Твердотельная электроника: Учебное пособие – 2-е изд., доп. – М.: Техносфера, 2005 – 408 с.
4.	Гусев Ю.М., Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: учебник для вузов. – Изд. 5-е, стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 798 с.
5.	Браммер Ю.А., Пащук И.Н. Цифровые устройства: учебное пособие для вузов по специальности «Радиоэлектронные системы». – М.: Высш. шк., 2004. – 229 с.
6.	Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: учебное пособие. – Изд. 6-е, стер. – СПб.: Лань, 2008. – 592 с.
7.	Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А. Силовая электроника. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 632 с.
8.	Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. – М.: Издательство Додэка-XXI, 2005. – 530 с.
9.	Новожилов О.П. Основы микропроцессорной техники: учебное пособие в 2-х томах. Т.1. – М.: РадиоСофт, 2011. – 432 с.
10.	Ожиганов А.А. Теория автоматов: Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 84 с.
11.	Рощин А.Г., Половов Р.М. Теория автоматов. Часть I: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2007. – 96 с.
12.	Рощин А.Г., Половов Р.М. Теория автоматов. Часть II: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2008. – 116 с.