



бочая программа

Ф СО ПГУ 7.18.2/06

**Министерство образования и науки Республики Казахстан**  
**Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова**  
**Кафедра «Радиотехника и телекоммуникации»**

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**Электроника**

для студентов

специальности **050702 Автоматизация и управление**

Павлодар



утверждения к рабочей  
грамме дисциплины,  
ботанной на основании  
государственного  
бязательного стандарта  
образования специальности и  
типовой учебного плана

Ф СО ПГУ 7.18.1/07

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР  
\_\_\_\_\_ Н.Э. Пфейфер

«\_\_\_»\_

» 2008

г.

Составитель: заведующий кафедрой, кандидат технических наук, доцент,  
профессор ПГУ \_\_\_\_\_ Тастенов А.Д.

Кафедра «Радиотехника и телекоммуникации»

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Электроника» для студентов специальностей 050702 «Автоматизация и управление»

Рабочая программа разработана на основании Государственного стандарта специальностей 050702 ««Автоматизация и управление» ГОСО РК 3.08.328–2006, учебным планом и утверждена на заседании ученого совета ПГУ 30.01.2008 г., протокол № 5.

Рекомендована на заседании кафедры 09.01.2008 г.

Протокол № 3

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Тастенов А.Д.

Одобрена учебно-методическим советом энергетического факультета «\_\_\_»\_\_\_\_\_ 2008 г., протокол № \_\_\_

Председатель МС \_\_\_\_\_ Кабдуалиева М.М.

СОГЛАСОВАНО

Декан энергетического факультета \_\_\_\_\_ Кислов А.П. «\_\_»\_\_\_\_\_ 2008 г.

Одобрено УМО

## **1 Цель и задачи преподавания дисциплины**

### **1.1 Цель преподавания дисциплины**

Цель преподавания дисциплины – изучение современного уровня электронной техники, принципов построения и работы полупроводниковых приборов, электронных схем, устройств и области их применения.

### **1.2 Задача изучения дисциплины**

Задача изучения дисциплины состоит в освоении основ:

- теории электропроводности полупроводниковых приборов,
- устройств, технологии изготовления полупроводниковых приборов,
- устройств и работы электронных схем, их применения в различных областях техники,
- моделирования различных электронных схем в зависимости от поставленной задачи на основе расчета основных характеристик электронных схем.

## **2 Пререквизиты**

Для освоения дисциплины студент должен изучить следующие дисциплины:

1. Физика (разделы: электричество, магнетизм).
2. Алгебра и геометрия
3. Математический анализ (разделы: дифференциальные и интегральные исчисления, функции комплексных переменных, методы решения дифференциальных уравнений, решение задач комплексным методом).
4. Теория электрических цепей.
5. Инженерная и компьютерная графика (разделы компьютерной графики).
6. Иностранный язык (преимущественно – английский язык)
7. Информатика (в полном объеме)

Кроме этого, для эффективной работы на практических и лабораторных занятиях студент должен на хорошем уровне владеть приемами работы на персональном компьютере, уметь работать в программах Microsoft Word, Microsoft Excel, Paint, Electronics Workbench 4.12 и 5.12, SPLAN 4 и т.п.



тематический план  
дисциплины

Ф СО ПГУ 7.18.2/07

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ					
№ п/п	Наименование темы	Количество часов			
		Лекц.	Практ.	Лаб.	СРО
1	2	3	4	5	6
1.	Введение	1	-		
2.	Электропроводность полупроводников	1	1	2	5
3.	Полупроводниковые диоды	1	2	2	5
4.	Транзисторы	1	2	4	10
5.	Тиристоры	-	-	8	
6.	1 Оптоэлектронные приборы	1	-	-	8
7.	Интегральные микросхемы	1	-	-	8
8.	Усилительные устройства	2	4	8	12
9.	Логические элементы и схемы	2	2	4	11
10.	Триггерные схемы	2	2	6	12
11.	Импульсные устройства	2	2	4	11
	ИТОГО	15	15	30	90

## **3 Содержание теоретического курса**

### **3.1 Лекционные занятия**

#### **3.1.1 Введение**

Цель и задачи преподавания курса «Электроника», основные разделы курса, значение и область применения электроники в различных областях техники, в компьютерной технике. Основные достижения в мировой и отечественной практике разработки, изготовления и применения электронных приборов и схем. Понятия и определения электроники: промышленная электроника, информационная электроника, энергетическая электроника, микроэлектроника.

Различие в постановке цели и задачи изучения электроники и микроэлектроники.

#### **3.1.2 Электропроводность полупроводников**

Электропроводность полупроводников. Определение полупроводника, свойства полупроводников. Пара «электрон-дырка», генерация собственных носителей зарядов, понятие рекомбинации, энергетического уровня, основных и неосновных носителей.

Электронно-дырочный или  $p-n$  переход. Диффузионный, дрейфовый токи. Прямое напряжение. Обратное смещение, обратный ток. Вольт-амперная характеристика  $p-n$  перехода, идеальный диод. Дифференциальное сопротивление, барьерная емкость, переходные процессы.

Основные сведения о технологии изготовления полупроводниковых приборов.

#### **3.1.3 Полупроводниковые диоды**

Классификация полупроводниковых приборов.

Полупроводниковый диод. Структура, вольт-амперная характеристика, основные параметры полупроводниковых диодов. Выпрямительные, лавинные, высокочастотные и импульсные диоды. Стабилитроны, варикапы.

#### **3.1.4 Транзисторы**

Биполярный транзистор. Устройство биполярного транзистора, принцип действия. Параметры и основные характеристики биполярного транзистора, ток рекомбинации, обратный ток коллекторного перехода, выходная вольт-амперная (коллекторная) характеристика, входная характеристика. Эквивалентные схемы транзисторов.

Полевой транзистор. Устройство полевого транзистора, принцип действия. Полевые транзисторы МДП-типа. Стоковые характеристики полевых транзисторов. Параметры полевых транзисторов: напряжение отсечки, выходное сопротивление, крутизна характеристики.

#### **3.1.5 Тиристоры**

Тиристор. Определение, устройство, вольт-амперная характеристика тиристора. Понятие однооперационного и двухоперационного тиристора. Параметры тиристора: импульсное напряжение, прямой ток, прямое напряжение, обратный ток, ток удержания, управляющий ток отпираания, управляющее напряжение отпираания, время включения.

Разновидности тиристора: динистор, симистор.

#### **3.1.6 Оптоэлектронные приборы**

Определение оптоэлектроники. Элементная база оптоэлектроники: оптоизлучатели, фотоприемники, оптоэлектронные приборы, светодиоды. Принципы действия оптоизлучателей, фотоприемников, оптоэлектронных приборов, светодиодов. Оптопара.

### **3.1.7 Интегральные микросхемы**

Определение интегральной микросхемы. Элемент и компонент – как часть микросхемы. Плотность упаковки. Критерий сложности микросхемы.

Микросхематехника. Цифровые и аналоговые микросхемы. Преимущества электронной аппаратуры на интегральных микросхемах. Особенности полупроводниковых интегральных микросхем. Конструктивно-технологические типы интегральных микросхем: полупроводниковые, совмещенные и гибридные микросхемы.

Технология изготовления полупроводниковых микросхем: эпитаксия, диффузия примесей, ионное легирование, термическое окисление, травление, нанесение тонких пленок. Проводники соединений и контакты в полупроводниковых микросхемах. Литография. Сборка полупроводниковых микросхем. Технология изготовления гибридных микросхем.

### **3.1.8 Усилительные устройства**

Усилитель, усилительный каскад. Инвертирующий усилитель.

Усилители на биполярном транзисторе. Усилители на биполярных транзисторах с общей базой (ОБ), с общим эмиттером (ОЭ). Усилитель на полевом транзисторе. Резисторный усилитель на полевом транзисторе.

Обратные связи в усилителях. Диаграмма Найквиста. Типы обратной связи. Отрицательная и положительная обратная связь. Эмиттерный повторитель. Истоковый повторитель.

Дифференциальный усилитель. Дифференциальный усилитель на линейных интегральных микросхемах.

Операционный усилитель. Идеальный операционный усилитель, неинвертируемый операционный усилитель, инвертируемый операционный усилитель. Операционные схемы. Коррекция операционных усилителей. Избирательные усилители. Генераторы синусоидального напряжения. Каскады усиления мощности. Однотактный каскад усиления класса В. Двухтактный каскад усиления мощности класса В.

Вторичные источники электропитания. Фильтры. Стабилизаторы напряжения.

### **3.1.9 Логические элементы и схемы**

Основные понятия. Понятие логического сообщения, логической функции. Основные логические операции: НЕ, ИЛИ, И. Типы логических микросхем, схемные решения на основе логического элемента: ИЛИ-НЕ, И-НЕ. Синтез логических схем. Основные правила алгебры логики: правила сложения, умножения соотношение де Моргана. Параметры логических элементов. Основные типы логики. Транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ), МДП-логика, интегральная инжекционная логика (И<sup>2</sup>Л), эмиттерно-связанная логика (ЭСЛ). Комбинационные интегральные микросхемы: дешифраторы, мультиплексоры, сумматоры, полусумматоры, цифровые схемы сравнения, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ).

### **3.1.10 Триггерные схемы**

Триггеры. Определение и назначение триггеров. Асинхронный RS-триггер: таблица истинности, временные диаграммы, схема. Синхронные триггеры. JK-триггеры: таблица истинности, схема, временные диаграммы. RS-триггер, счетный T-триггер, D-триггер. Счетчики импульсов. Счетчики и распределители импульсов. Бинарные счетчики на сложение и вычитание, схемы, временные диаграммы. Регистры, определение. Параллельный и последовательный регистр, схемы, временные диаграммы.

### **3.1.11 Импульсные устройства**

Импульсы. Передача информации в виде импульсов. Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ), широтно-импульсная модуляция (ШИМ), частотно-импульсная модуляция (ЧИМ). Формы и основные параметры импульсов. Электронные ключи, состояние отсечки и насыщения, схема, траектория рабочей точки. Компараторы, схема, передаточная характеристика. Преобразование импульсных сигналов: дифференцирующие и интегрирующие цепи, схемы, временные диаграммы. Мультивибратор, определение, схема, временные диаграммы. Одновибратор, определение, схема, временные диаграммы. Генератор линейно изменяющихся напряжений (ГЛИН), назначение, схемы временные диаграммы.

### 3.2 Практические занятия

Практические занятия проводятся на основании методических указаний по проведению практических занятий по дисциплине «Электроника». В методических указаниях приведены условия и необходимые значения для решения задач, приведены примеры решения задач. Тематика задач выглядит следующим образом.

#### 3.2.1. Физические свойства полупроводников

**Задание 1.** Удельное сопротивление собственного германия при  $T = 300\text{K}$   $\rho = 0,43$  Ом $\cdot$ м. Подвижность электронов и дырок в германии равны соответственно  $0,39$  и  $0,19$  м<sup>2</sup>/Вс. Определить собственную концентрацию электронов и дырок.

**Задание 2.** Образец германия легирован примесью атомов сурьмы так, что один атом примеси приходится на  $2 \cdot 10^6$  атомов германия. Определить:

- концентрацию электронов и дырок при  $T = 300\text{K}$  (предположить, что при этой температуре все атомы сурьмы ионизированы и концентрация атомов германия  $N = 4,4 \cdot 10^{28}$  м<sup>-3</sup>);
- удельное сопротивление этого легированного материала; в) коэффициенты диффузии электронов и дырок в германии при данной температуре.

**Задание 3.** Дан образец легированного кремния  $n$ -типа длиной  $10$  мм, шириной  $2$  мм и толщиной  $1$  мм. Подвижности электронов и дырок равны соответственно  $0,12$  и  $0,05$  м<sup>2</sup>/Вс, концентрация собственных носителей заряда  $n_i = 1,5 \cdot 10^{16}$  м<sup>-3</sup>. Определить:

- концентрацию примеси в образце, если сопротивление образца  $R = 150$  Ом;
- отношение дырочной удельной проводимости к электронной.

**Задание 4.** В собственном германии концентрация атомов равна  $4,5 \cdot 10^{28}$  м<sup>-3</sup>. При температуре  $T = 300\text{K}$  один из каждых  $2 \cdot 10^9$  атомов ионизирован. Подвижности электронов и дырок при этой температуре равны соответственно  $0,39$  и  $0,19$  м<sup>2</sup>/Вс. Определить:

- удельную проводимость собственного германия;
- удельную проводимость германия при температуре  $T = 300\text{K}$ , легированного элементом  $V$  группы, если на каждые  $10^8$  атомов германия приходится один атом примеси.

**Задание 5.** Полупроводник в условиях равновесия имеет концентрацию дырок  $p = 10^{20}$  м<sup>-3</sup> и концентрацию электронов  $n = 2 \cdot 10^{19}$  м<sup>-3</sup>. Определить:

- полную концентрацию примесей;
- тип доминирующей примеси;
- собственную концентрацию носителей заряда.

**Задание 6.** Напряженность электрического поля в кристалле собственного кремния  $E = 500$  В/м, а подвижность электронов  $\mu_n$  и дырок  $\mu_p$  соответственно равны  $0,14$  и  $0,05$  м<sup>2</sup>/Вс. Концентрация собственных носителей  $n_i = 1,5 \cdot 10^{16}$  м<sup>-3</sup>. Определить:

- скорость дрейфа электронов  $v_n$  и дырок  $v_p$ ;
- удельное сопротивление кремния  $\rho_i$ ;
- полный дрейфовый ток  $I$ , если площадь поперечного сечения  $\Pi = 3 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>.

**Задание 7.** Вычислить диффузионную длину электронов в германии  $p$ -типа и дырок в германии  $n$ -типа, если время жизни неосновных носителей заряда  $\tau_n = \tau_p = 10^{-4}$  с, коэффициент диффузии для германия  $p$ -типа  $D_n = 99 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с и для германия  $n$ -типа  $D_p = 47 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с.

**Задание 8.** Термистор из собственного кремния имеет сопротивление  $R_1 = 600$  Ом при  $T = 300\text{K}$ . Вычислить его сопротивление при  $T = 325$  К, предполагая, что ширина запрещен-

ной зоны для кремния  $E_g = 1,1$  эВ и что подвижности носителей  $\mu_p$  и  $\mu_n$  заметно не изменяются в этом интервале температур.

### 3.2.2. Полупроводниковые диоды

**Задание 1.** Имеется сплавной германиевый  $p$ - $n$ -переход с концентрацией атомов доноров  $N_D = 10^3 \cdot N_a$ , причем на каждые  $10^8$  атомов германия приходится один атом акцепторной примеси. Определить контактную разность потенциалов при температуре  $T = 300\text{K}$ . Концентрацию атомов  $N$  германия принять равной  $4,4 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ , собственную концентрацию ионизированных атомов  $n_i$  принять равной  $2,5 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ .

**Задание 2.** Удельное сопротивление  $p$ -области германиевого  $p$ - $n$ -перехода  $\rho_p = 2$  Ом $\cdot$ см, а удельное сопротивление  $n$ -области  $\rho_n = 1$  Ом $\cdot$ см. Вычислить контактную разность потенциалов (высоту потенциального барьера) при  $T = 300\text{K}$ .

**Задание 3.** В германиевом  $p$ - $n$ -переходе удельная проводимость  $p$ -области  $\sigma_p = 10^4$  См/м и удельная проводимость  $n$ -области  $\sigma_n = 10^2$  См/м. Подвижности электронов и дырок в германии соответственно равны 0,39 и 0,19 м<sup>2</sup>/Вс. Концентрация собственных носителей в германии при  $T = 300\text{K}$   $n_i = 2,5 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ . Вычислить контактную разность потенциалов (высоту потенциального барьера) при  $T = 300\text{K}$ .

**Задание 4.** Германиевый полупроводниковый диод, имеющий обратный ток насыщения  $I_0 = 25$  мкА, работает при прямом напряжении, равном 0,1 В и  $T=300\text{K}$ . Определить:

- сопротивление диода постоянному току  $R_0$ ;
- дифференциальное сопротивление  $r_{\text{диф}}$ .

**Задание 5.** Определить, во сколько раз увеличится обратный ток насыщения сплавного  $p$ - $n$ -перехода диода, если температура увеличивается:

- от 20 $\square$ С до 80 $\square$ С для германиевого диода;
- от 20 $\square$ С до 80 $\square$ С для кремниевого диода.

**Задание 6.** Барьерная емкость сплавного диода равна 200 пФ при обратном напряжении 2В. Какое требуется обратное напряжение, чтобы уменьшить емкость до 50 пФ, если контактная разность потенциалов  $\phi_k = 0,82$  В.

**Задание 7.** Обратный ток насыщения некоторого диода с барьером Шоттки равен 2 мкА. Диод соединен последовательно с резистором и источником постоянного напряжения смещения  $E = 0,2$  В, так что на диод подается прямое напряжение. Определить сопротивление резистора, если падение напряжения на нем равно 0,1 В. Диод работает при  $T=300\text{K}$ .

**Задание 8.** Определить выходное напряжение в схеме, если при комнатной температуре используется кремниевый диод, имеющий обратный ток насыщения  $I_0 = 10$  мкА.

**Задание 9.** Определить выходное переменное напряжение  $U_{\text{вых}}$  схемы, если работа происходит при комнатной температуре.

**Задание 10.** Рассчитать простейшую схему без фильтра для выпрямления синусоидального напряжения с действующим значением  $U = 700$  В, используя диоды Д226Б.

**Задание 11.** Составить и рассчитать выпрямительную цепочку, позволяющую получить выпрямленный ток  $I_{\text{вып.р}} = 400$  мкА, если используются диоды Д226.

**Задание 12.** Сплавной диод работает в простейшей схеме выпрямления с резистором нагрузки  $R_H = 10$  кОм. Диод имеет  $R_{\text{пр}} = 40$  Ом,  $R_{\text{обр}} = 400$  кОм и  $C = 80$  пФ. Найти, на какой частоте выпрямленный ток за счет влияния емкости диода уменьшится в 2 раза.

**Задание 13.** У полупроводникового диода  $R_{\text{пр}} = 40$  Ом,  $R_{\text{обр}} = 400$  кОм и  $C = 80$  пФ. Определить:

- на какой частоте емкостное сопротивление станет равно  $R_{\text{обр}}$  и вследствие этого произойдет заметное увеличение обратного тока (но он все еще будет малым);
- на какой частоте емкостное сопротивление станет равно  $R_{\text{пр}}$  и произойдет резкое ухудшение выпрямляющих свойств диода.

**Задание 14.** Для стабилизации напряжения на нагрузке используется полупроводниковый стабилитрон, напряжение стабилизации которого постоянно и равно  $U_{\text{ст}} = 10$  В. Определить допустимые пределы изменения питающего напряжения, если максимальный ток ста-



билитрона  $I_{ст.макс} = 30$  мкА, минимальный ток стабилитрона  $I_{ст.мин} = 1$  мкА, сопротивление нагрузки  $R_H = 1$  кОм и сопротивление ограничительного резистора  $R_{орг} = 0,5$  кОм.

**Задание 15.** Кремниевый стабилитрон Д813 подключен для стабилизации напряжения к резистору  $R_H = 2,2$  кОм. Данные стабилитрона:

- напряжение стабилизации  $U_{ст} = 13$  В,
- максимальный ток стабилитрона  $I_{ст.макс} = 20$  мА,
- минимальный ток стабилитрона  $I_{ст.мин} = 1$  мА.

Найти сопротивление ограничительного резистора, если напряжение источника  $E$  меняется от  $E_{мин} = 16$  В до  $E_{макс} = 24$  В. Определить, будет ли обеспечена стабилизация во всем диапазоне изменения  $E$ .

### 3.2.3. Биполярные транзисторы

**Задание 1.** В  $n-p-n$ -транзисторе концентрация доноров в эмиттере  $N_D = 10^{24} \cdot \text{м}^{-3}$ , концентрация акцепторов в базе  $N_A = 10^{22} \cdot \text{м}^{-3}$ . Считая, что подвижности электронов и дырок равны  $0,4$  и  $0,2$  м<sup>2</sup>/Вс соответственно, определить отношение дырочного тока к электронному на переходе эмиттер-база.

**Задание 2.** Прямой ток эмиттера транзистора  $n-p-n$  составляет  $I_E = 2$  мА, коллекторная цепь разорвана. Определить:

- а) напряжение на эмиттерном и коллекторном переходах;
- б) напряжение эмиттер-коллектор, полагая  $I_{КБ0} = 2$  мкА,  $I_{ЭБ0} = 1,6$  мкА, коэффициент передачи тока эмиттера  $\alpha = 0,98$ . В каком режиме работает транзистор?

**Задание 3.** Транзистор, имеющий  $\alpha = 0,995$ ;  $\alpha_1 = 0,1$ ;  $I_{ЭБК} = 10^{-14}$  А;  $I_{КБК} = 10^{-13}$  А, включен в схему. Определить напряжение коллектор.

### 3.2.4. Усилительный каскад

**Задание 1.** Для указанной схемы

1. Указать способ включения транзистора. Рассчитать координаты точки покоя (напряжение и ток в выходной цепи транзистора до подачи входного сигнала) и их нестабильность в диапазоне температур  $(20 \div 50)^\circ\text{C}$ .

2. Построить нагрузочные прямые постоянного и переменного тока.

3. Изобразить эквивалентную схему каскада УНЧ для рабочего диапазона частот (области средних частот). Оценить коэффициент усиления по напряжению, входное и выходное сопротивления.

4. Характеристики и параметры транзистора приведены в приложении А.

**Задание 2.** По заданным параметрам схемы и транзистора рассчитать для каскада усилителя с двухполярным питанием:

- а) коэффициент усиления и входное сопротивление усилителя на средних частотах;
- б) верхнюю и нижнюю граничные частоты амплитудно-частотной характеристики усилителя. При расчете нижней граничной частоты можно не учитывать влияние на АЧХ цепи  $R_E - C_E$ .

**Задание 3.** Рассчитать компенсационный стабилизатор напряжения последовательного типа, удовлетворяющий следующим условиям: входное напряжение  $U_{вх} = 11$  В, нестабильность входного напряжения  $\Delta U_{вх} = \pm 2$  В, максимальный ток нагрузки  $I_{Н макс} = 1$  А, коэффициент стабилизации  $K_{ст} \geq 1000$ , выходное напряжение  $5$  В.

**Задание 4.** Фазовый сдвиг сигнала частотой  $100$  кГц на выходе УПТ, передаточная функция которого описывается соотношением

$$K(p) = \frac{K_0}{1 + p\tau},$$

составил минус  $60$  эл. град. Оценить коэффициент частотных искажений УПТ на этой частоте и время установления фронта выходного сигнала, если на вход УПТ подать прямоугольный импульс.

**Задание 5.** На частоте  $f = 10$  Гц амплитуда синусоидального сигнала при прохождении разделительной цепи падает на 3 дБ. Оценить относительный спад вершины прямоугольного импульса длительностью  $t_{и} = 1$  мс при прохождении этой цепи.

**Задание 6.** При подаче входного синусоидального напряжения амплитуды первых четырех гармоник сигнала на выходе двухтактного выходного каскада, работающего в режиме В, при выходной мощности 10 Вт составили соответственно 10 В, 2 В, 3 В и 1 В. Оценить коэффициент нелинейных искажений усилителя.

**Задание 7.** Оценить коэффициент полезного действия выходного каскада, если амплитуды напряжения и тока синусоидального сигнала в нагрузке равны 10 В и 1 А, а среднее значение тока в цепи источника питания напряжением  $E = 15$  В составило 0,7 А.

**Задание 8** Оценить коэффициент усиления каскада в рабочем диапазоне частот, если  $\beta = 50$ ,  $R_1 = 20$  кОм,  $R_2 = R_н = 5$  кОм.

**Задание 9.** Оценить добротность каскада, если полоса пропускания на уровне 3 дБ составила  $2\beta f = 2$  кГц.

**Задание 10.** Определить способ включения транзистора в схеме усилителя.

### 3.2.5. Операционные усилители

**Задание 1.** Построить временную диаграмму выходного напряжения.

**Задание 2.** В операционном усилителе оценить величину выходного сигнала  $U_{вых}$  при определенном значении входного сигнала  $U_{вх}$ .

**Задание 3.** Оценить возможную величину сдвига нулевого уровня на выходе операционного усилителя.

**Задание 4.** Оценить запас устойчивости по фазе УПТ, асимптотическая ЛАЧХ (логарифмическая амплитудно-частотная характеристика) операционного усилителя, схема которого приведена на чертеже.

Для указанной схемы операционного усилителя:

1. Определить коэффициент усиления по напряжению на средних частотах.
2. Определить входное и выходное сопротивления.
3. Оценить полосу пропускания на уровне 3 дБ.
4. Оценить возможную ошибку смещения нуля и дрейф нулевого уровня на выходе операционного усилителя в диапазоне температур  $(20-50)^{\circ}\text{C}$ .
5. Характеристики и параметры ОУ приведены в приложении Б.

**Задание 5.** Определить соотношение резисторов  $R$  и  $R_{\beta}$  по схеме на рис. 8.18,а в мультивибраторе на ОУ, если  $t_{и1} = 2t_{и2}$ ,  $E_{см} = 0$ .

### 3.2.6. Мультивибраторы

**Задание 1.** Определить амплитуду напряжения на конденсаторе в схеме мультивибратора на однопереходном транзисторе при следующих исходных данных:

$t = +50$  °С;  $E_K = 11$  В;  $R_1 = 0$ ;  $R_2 = 5$  кОм;  $C = 1$  мкФ;  $R_н = 10$  кОм.

Параметры транзистора:

- межбазовое сопротивление  $r_{бб0} = 5$  кОм при  $t = +25$  °С;
- его температурный коэффициент  $t_K = 0,8$  % на 1 °С;
- напряжение отпирания перехода  $U_{\delta} = 0,5$  В;  $\eta = 0,5$ .

### 3.2.7. Цифровые и аналоговые преобразователи

**Задание 1.** В цифроаналоговом преобразователе определить величину  $U_{он}$  при условии, что  $N = 4$ ,  $U_{вых. max} = 7,5$  В.

Для обработки аналогового сигнала  $U_{max} = 10$  В из таблицы подобрать АЦП с разрешающей способностью не хуже 0,1 % и временем обработки не более 40 мкс.

## 3.3 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по курсу «Электроника» выполняются на компьютеризированных учебно-исследовательских стендах, в том числе и с помощью системы схемотехнического моделирования Electronics Workbench 4.0 и Electronics Workbench 5.12.

### **3.3.1 Выпрямительные диоды**

#### **3.3.1.1 *P-n* переход в диодах**

Снять вольтамперную характеристику полупроводникового диода в прямом и обратном направлениях.

#### **3.3.1.2 Полупроводниковый однополупериодный выпрямитель**

Исследовать выпрямительное действие полупроводникового диода в составе однополупериодного выпрямителя, используя виртуальные приборы (либо мультиметры и осциллограф в варианте стенда без компьютера).

#### **3.3.1.3 Полупроводниковый мостовой выпрямитель**

Исследовать свойства мостового выпрямителя с помощью осциллографа и мультиметра, либо с помощью виртуальных приборов.

#### **3.3.1.4 Неуправляемый выпрямитель трехфазного тока**

Выпрямить выходное напряжение трехфазного источника посредством сначала трехфазного выпрямителя с нулевым выводом, а затем трехфазного мостового выпрямителя (так называемая схема Ларионова). Измерить и исследовать параметры обоих выпрямителей и сравнить с параметрами однофазных выпрямителей.

### **3.3.2 Стабилитроны**

#### **3.3.2.1 Характеристики стабилитрона**

Снять с помощью осциллографа вольтамперную характеристику и определить напряжение  $U_{ст}$  стабилитрона. Работа может быть выполнена как с помощью электронного, так и виртуального осциллографа.

#### **3.3.2.2 Исследование параметрического стабилизатора напряжения**

Исследовать зависимость выходного напряжения и тока стабилитрона от входного напряжения в цепи параметрического стабилизатора напряжения.

Исследовать влияние тока нагрузки  $I_n$  на величину тока стабилитрона.

#### **3.3.2.3 Сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения**

Изучить стабилизирующее действие диода Зенера в случае выпрямленного напряжения с заметными пульсациями.

### **3.3.3 Диоды с особыми свойствами**

#### **3.3.3.1 Светодиоды**

Снять вольтамперную характеристику светодиода посредством осциллографа.

Изучить влияние напряжения  $U_{сд}$ , тока  $I_{сд}$  светодиода и его полярности на световую эмиссию.

#### **3.3.3.2 Диоды с переменной емкостью (варикапы)**

Снять с помощью осциллографа вольтамперную характеристику варикапа.

В параллельном резонансном контуре изучить зависимость резонансной частоты от обратного напряжения варикапа и влияние этого напряжения на емкость обедненного (запирающего) слоя.

### **3.3.4 Биполярные транзисторы**

#### **3.3.4.1 Испытание слоев и выпрямительного действия биполярных транзисторов**

Снять вольтамперные характеристики эмиттерного и коллекторного *p-n* переходов транзисторов типа *p-n-p* и типа *n-p-n* в прямом направлении. Убедитесь, что в обратном направлении токи через эти *p-n* переходы ничтожно малы.

#### **3.3.4.2 Распределение тока в транзисторе и управляющий эффект тока базы**

Исследовать влияние тока базы на вольтамперную характеристику  $I_K(U_{ЭК})$  для *n-p-n* транзистора с помощью осциллографа.

#### 3.3.4.3 Характеристики транзистора

Снять экспериментально и построить графики четырех семейств характеристик биполярного транзистора *n-p-n* типа.

3.3.4.4 Установка рабочей точки транзистора и исследование влияния резистора в цепи коллектора на коэффициент усиления по напряжению усилительного каскада с общим эмиттером

Экспериментально исследовать влияние сопротивления в цепи коллектора на коэффициент усиления по напряжению.

#### 3.3.4.5 Усилители на биполярных транзисторах

Выполнить измерения и определить следующие электрические показатели основных схем усилителей.

#### 3.3.4.6 Регулятор напряжения (линейный)

Изучить выходное напряжение регулятора напряжения как функцию входного напряжения.

#### 3.3.4.7 Регулятор тока

Изучить выходные напряжение и ток регулятора тока в зависимости от входного напряжения и сопротивления нагрузки.

### 3.3.5 Униполярные (полевые) транзисторы

#### 3.3.5.1 Испытание слоев и выпрямительного действия униполярных транзисторов

Исследовать свойства *p-n* переходов между электродами затвора и главными электродами (исток и сток) полевого транзистора с каналом *n*-типа. Используя мультиметр, определить зависимость тока от приложенного напряжения. Затем повторите эксперимент с транзистором *p*-типа.

#### 3.3.5.2 Характеристика включения затвора полевого транзистора

Измерить и изучить характеристику включения *p-n* перехода между затвором и каналом полевого транзистора. Этот опыт нужно выполнить только для транзистора *n*-типа. Результаты справедливы также для транзисторов *p*-типа с учетом изменения полярности.

#### 3.3.5.3 Управляющий эффект затвора полевого транзистора *n*-типа

Исследовать экспериментально влияние напряжения затвор-исток на токи затвора и стока. Построить характеристики управления  $I_C = f(U_{ЗИ})$  и  $I_3 = f(U_{ЗИ})$ .

#### 3.3.5.4 Выходные характеристики полевого транзистора

Построить в статике зависимость тока стока от напряжения сток-исток  $I_C = f(U_{СИ})$  при различных значениях напряжения затвор-исток.

Изучить влияние нагрузочного сопротивления на коэффициент усиления напряжения.

#### 3.3.5.5 Усилители на полевых транзисторах

Выполнить измерения и определить следующие электрические показатели основных схем усилителей.

### 3.3.6 Тиристоры

#### 3.3.6.1 Диодный тиристор (симистор)

Снять статическую характеристику симистора.

Снять динамическую характеристику симистора с использованием осциллографа.

#### 3.3.6.2 Триодный тиристор

Исследовать влияние напряжения цепи управляющий электрод / катод тиристора на ток управления и анодный ток. Дополнительно изучите процесс запираания тиристора.

#### 3.3.6.3 Фазовое управление тиристора

Произвести измерения и изучить свойства тиристора как управляемого выпрямителя с однопереходным транзистором в цепи управления.

### 3.3.7 Логические элементы

#### 3.3.7.1 Логический элемент AND (И)

Исследовать свойства элемента И с тремя входами с заданным соответствием сигналов.

#### 3.3.7.2 Логический элемент OR (ИЛИ)

Исследовать свойства элемента ИЛИ с тремя входами с заданным соответствием сигналов.

#### 3.3.7.3 Логический элемент NOT (НЕ)

Проведя необходимые измерения, исследовать свойства элемента НЕ.

#### 3.3.7.4 Логический элемент NOT AND (И-НЕ)

Производя измерения, исследовать свойства элемента И-НЕ с тремя входами с заданным соответствием сигналов.

#### 3.3.7.5 Логический элемент NOT OR (ИЛИ-НЕ)

Производя измерения, исследовать свойства элемента ИЛИ-НЕ с тремя входами с заданным соответствием сигналов.

### 3.3.8 Операционные усилители

#### 3.3.8.1 Инвертирующий усилитель

Построить кривую, показывающую зависимость выходного напряжения от входного, изучить влияние величины сопротивления нагрузки на выходное напряжение.

#### 3.3.8.2 Неинвертирующий усилитель

Построить кривые зависимости выходного напряжения от входного при различных значениях сопротивления отрицательной обратной связи.

#### 3.3.8.3 Операционный суммирующий усилитель

Исследовать свойства суммирующего усилителя.

#### 3.3.8.4 Операционный дифференциальный усилитель

Изучить экспериментально ослабление синфазного сигнала дифференциального усилителя.

#### 3.3.8.5 Поведение операционного усилителя в динамике

Исследовать поведение операционного усилителя, когда он управляется синусоидальным напряжением. Снять амплитудно-частотные характеристики усилителей.

## 4 Содержание СРС

Таблица 4.1 – Содержание СРС

№	Вид СРС	Форма отчетности	Вид контроля	Объем в часах
1	Подготовка к лекционным занятиям		Участие на занятиях	10
2	Подготовка к практическим занятиям, выполнение домашних заданий	Рабочая тетрадь	Участие на занятиях	12
3	Подготовка к лабораторным работам	Заготовка необходимых таблиц	Допуск к ЛР	12
4	Подготовка отчета и защита лабораторных работ	Отчет	Защита ЛР	13,5
5	Изучение материала, не вошедшего в содержание аудиторных занятий	Конспект лекций, учебники, МУ	Рубежный контроль	10
6	Подготовка к контрольным ме-		РК1, РК 2	10

	роприятиям		
Всего			67,5

Таблица 4.2 – Перечень СРС

№	Наименование темы	Содержание СРС	Контроль
1	Введение	Основные достижения в мировой и отечественной практике разработки, изготовления и применения электронных приборов и схем.	Подготовка к занятиям
2	Электропроводность полупроводников	Основные сведения о технологии изготовления полупроводниковых приборов.	Подготовка к занятиям
3	Полупроводниковые диоды	Выпрямительные, лавинные, высокочастотные и импульсные диоды. Стабилитроны, варикапы.	Подготовка к занятиям, отчет о лабораторной работе
4	Транзисторы	Эквивалентные схемы транзисторов. Параметры полевых транзисторов: напряжение отсечки, выходное сопротивление, крутизна характеристики.	Подготовка к занятиям, отчет о лабораторной работе
5	Тиристоры	Динистор, симистор. Однооперационный и двухоперационный тиристора.	Подготовка к занятиям
6	Оптоэлектронные приборы	Принципы действия оптоизлучателей, фотоприемников, светодиодов. Оптопара.	Подготовка к занятиям
7	Интегральные микросхемы	Технология изготовления полупроводниковых микросхем: эпитаксия, диффузия примесей, ионное легирование, термическое окисление, травление, нанесение тонких пленок. Проводники соединений и контакты в полупроводниковых микросхемах. Литография. Сборка полупроводниковых микросхем. Технология изготовления гибридных микросхем.	Подготовка к занятиям
8	Усилительные устройства	Вторичные источники питания. Фильтры. Стабилизаторы напряжения.	Подготовка к занятиям, подготовка к рубежному контролю
9	Логические элементы	Комбинационные интегральные микросхемы: цифровые схемы сравнения, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ).	Подготовка к занятиям, отчет о лабораторной работе
10	Триггерные схемы	Бинарные счетчики на сложение и вычитание, схемы, временные диаграммы. Параллельный и последовательный регистр.	Подготовка к занятиям, отчет о лабораторной работе
11	Импульсные устройства	Генератор линейно изменяющихся напряжений, назначение, схемы временные диаграммы.	Подготовка к занятиям, отчет о лабораторной работе



Выписка из рабочего  
учебного плана  
специальности

ФСО ПГУ 7.18.1/10

**Выписка из рабочих учебных планов специальности  
050702 Автоматизация и управление  
по дисциплине Электроника**

№ п/п	Форма обучения	Форма контроля						Объем работы студента в часах			Распределение часов по курсам и семестрам (часов)							
		экзамен	зачет	КП	КР	РГР	К.р.	всего			3 семестр				4 семестр			
								общ.	ауд.	сро	лек.	пр.	лаб.	сро	лек.	пр.	лаб.	сро
1	Очная на базе ОСО 2006 г.п.	3	-	-	-	-	-	150	60	90	-	-	-	-	15	15	30	90

## **5 Учебно-методическое обеспечение**

### **5.1 Основная литература**

- 1 Аваев Н.А. и др. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов. - М.: Радио и связь. 1991.
- 2 Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. Учебник для ВУЗов.- Санкт-Петербург-Москва-Краснодар. 2003.
- 3 Прянишников В.А. Электроника. Полный курс лекций.- Санкт-Петербург.: Корона-принт, 2004.
- 4 Щука А.А. Электроника. Учебное пособие.- Санкт-Петербург.: ПХВ-Петербург. 2005.
- 5 Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на Electronics Workbench: В 2 т. /Под общей ред. Д.И. Панфилова.- М.: ДОДЭКА, 1999.

### **5.2 Дополнительная литература**

- 6 Андреев А.В., Горлов М.И. Основы электроники: Учебное пособие для средних специальных заведений.- Ростов на Дону.: Феникс. 2003.
- 7 Аккабаков А.Б., Тастенов А.Д., Кошербаев Т.А. Расчет однофазного стабилизированного источника питания. – Павлодар, 2005.
- 8 Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е. Промышленная электроника: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
- 9 Зельдин Е.А. Цифровые интегральные микросхемы в информационно-измерительной техники. – Л.: Энергоатомиздат, 1986.
- 10 Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1985.
- 11 Тастенов А.Д., А.Б. Аккабаков. Расчет усилителей импульсных сигналов. Методические указания. – Павлодар, 2005.





Лист согласования  
рабочей программы  
дисциплины

ФСО ПГУ 7.18.1/11

**Лист согласования рабочей программы дисциплины  
«Электроника»  
на 2007-2008 уч. год**

Выпускающая кафедра	Ф.И.О. заведующего кафедрой	Подпись	Дата
Автоматизация и управление	Хацевский В.Ф.		