

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Институт автоматики и вычислительной техники

---

**Кафедра вычислительных машин, систем и сетей**

**ЛИНЕЙНЫЙ ОДНОКАСКАДНЫЙ  
УСИЛИТЕЛЬ СИГНАЛА ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ**

курсовой проект по курсу "Электроника"

**ЗАДАНИЕ**  
на курсовой проект по курсу "Электроника"  
для студентов АВТИ  
ЛИНЕЙНЫЙ ОДНОКАСКАДНЫЙ  
УСИЛИТЕЛЬ СИГНАЛА ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ

Рассчитать элементы схемы однокаскадного усилителя, удовлетворяющего указанным техническим требованиям (см. таблицу с вариантами заданий):

1. Рекомендуемый тип транзистора **КТ814В**
2. Амплитуда неискаженного выходного сигнала не менее .. **4** ... В;
3. Коэффициент усиления напряжения  $K_e = \frac{U_{\text{вых}}}{e_{\text{г}}}$  при заданном сопротивлении нагрузки  $R_n = \mathbf{1,2}$  кОм и внутреннем сопротивлении источника сигнала  $R_{\text{г}} = \mathbf{0,2}$  кОм не менее **3**.....;
4. Усилитель при заданной емкости нагрузки  $C_n = \mathbf{0,7}$  нФ должен обеспечить полосу пропускания от  $f_n = 450$  Гц до  $f_v = \mathbf{35}$  кГц ;
5. Температурный диапазон для всех вариантов: -40°C ... +60°C.

Варианты заданий выдаются преподавателем на первом практическом занятии.

### **Содержание работы**

1. Для заданного типа транзистора с помощью программы схемотехнического проектирования *OrCad* 9.2 (или любой другой) снять входные и выходные характеристики для схемы включения ОЭ.
2. По заданным техническим требованиям обосновать выбор схемы усилительного каскада.
3. Используя выходные характеристики транзистора по максимальной амплитуде выходного сигнала и сопротивлению нагрузки определить рабочий режим транзистора и номинальное напряжение источника питания. Дать графическое обоснование выбора рабочей точки и напряжения источника питания.  
*Примечание: Напряжение источника питания выбирать из номинального ряда.*
4. По характеристикам в рабочей точке определить малосигнальные параметры транзистора: коэффициент усиления  $h_{21э}$  и входное сопротивление  $h_{11э}$ .

5. По заданному типу транзистора и его предельным параметрам, определенным по справочным данным, обосновать возможность применения транзистора в заданной схеме усилительного каскада. В противном случае тип транзистора согласовать с преподавателем.
6. Рассчитать сопротивления резисторов схемы с учетом разброса коэффициента усиления транзистора (смотри в справочнике) и колебаний внешней температуры.

*Примечание. Сопротивления резисторов выбирать из номинального ряда.*

7. Для выбранных сопротивлений резисторов схемы аналитически рассчитать рабочий режим каскада и проверить, совпадает ли он с выбранным в п. 3.
8. Рассчитать возможный уход рабочего тока из-за колебаний температуры и из-за разброса коэффициента усиления. Проверить, лежит ли это изменение в заданном диапазоне, определенном в п. 3.
9. Для выбранных сопротивлений резисторов схемы определить рабочий режим графически, используя ВАХ транзистора. Для этого:
  - с помощью программы *OrCad 9.2* на входной ВАХ транзистора построить линию нагрузки по постоянному току и определить рабочий базовый ток;
  - На семействе выходных характеристик с помощью программы *OrCad 9.2* построить линию нагрузки по постоянному и переменному току.
  - Определить максимальную амплитуду неискаженного выходного сигнала. Сравнить с заданием.
10. Рассчитать входное и выходное сопротивление усилителя.
11. Рассчитать коэффициент усиления напряжения с учетом внутреннего сопротивления источника сигнала  $K_e = \frac{U_{\text{вых}}}{e_{\text{г}}}$ .

*Примечание. Для каскада ОЭ введением ООС обеспечить коэффициент усиления напряжения, отличающийся от заданного не более, чем на  $\pm 10\%$ .*

12. По заданной нижней границе полосы пропускания рассчитать емкости конденсаторов.
- Примечание. Емкость конденсатора выбирать из номинального ряда.*
13. Определить верхнюю границу полосы пропускания, используя справочные данные на транзистор и данные на емкость нагрузки.
14. Проверить с помощью программы схемотехнического моделирования *OrCad 9.2* работоспособность схемы. С ее помощью рассчитать:
  - режим схемы,
  - амплитудно-частотную характеристику,
  - входное сопротивление усилителя,

- выходное сопротивление усилителя,
- амплитудную характеристику,
- для максимального неискаженного выходного сигнала (см. п. 9) определить коэффициент нелинейных искажений.

15. Результаты сравнить с заданием и расчетами, сделав соответствующие сравнительные таблицы.

16. Оформить работу с учётом требований к оформлению.

### **Требования к оформлению работы**

Результаты курсовой работы должны быть представлены в виде пояснительной записки и графической части, куда должны входить следующие разделы:

1. Содержание с указанием страниц разделов отчета.
2. Задание на проектирование и исходные данные.
3. Обоснование выбора схемы усилительного каскада.
4. Принципиальная схема усилительного каскада, выполненная **по всем правилам ЕСКД**.
5. Обоснование и расчет элементов усилительного каскада с необходимыми пояснениями и графиками.
6. При расчетах сначала выводится общая формула (либо дается ссылка на источник), затем подставляются числовые значения известных величин, приводятся результаты промежуточных вычислений и конечный результат. В промежуточных вычислениях размерности величин не указываются, а в конечном результате приведение размерности обязательно.
7. Вольтамперные характеристики транзистора со всеми графическими построениями.
8. Справочные данные на выбранный транзистор.
9. Перечень элементов (спецификация).
10. Результаты моделирования на ЭВМ (схемы моделирования, полученные осциллограммы и характеристики).
11. Таблицы сравнительного анализа моделирования с заданием и расчетом.
12. Список использованной литературы.

### **График выполнения проекта:**

Пункты содержания работы	Контрольная неделя	Пункт содержания работы	Контрольная неделя
1-12	8 (КМ1)	13-16	12 (КМ2)
Защита проекта			15

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем, издание 3-е. - М.: Энергия, 1973.
2. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. М.: Сов. Радио, 1980.
3. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для ВУЗов. / 2-ое изд. -М.: Лаборатория Базовых Знаний. 2001. -488с.
4. Ткаченко Ф.А. Техническая электроника. – М.: Дизайн ПРО, 2002. – 368с. (УДК 621.38; Т484)
5. Электротехника и электроника. Учебник для вузов.- В 3-х кн. Кн. 3. Электрические измерения и основы электроники/ Г.П.Гаев, В.Г.Герасимов, О.М.Князьков и др.; Под ред. проф. В.Г.Герасимова. – М.: Энергоатомиздат, 1998. (УДК 621.3; Э45)
6. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника (Полный курс): Учебник для вузов /Под ред. О.П.Глудкина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2000. –768с.: ил. (О-60 УДК 621.396.6)
7. Войшвилло Г.В. Усилительные устройства: учебник для вузов. 2-е изд.-М.: Радио и связь. 1983.
8. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: справочник. / под ред. Б.Л. Перельмана. -М.: Радио и связь. 1981.
9. Кобяк А.Т., Новикова Н.Р., Паротькин В.И., Титов А.А. Применение системы Design Lab 8.0 в курсах ТОЭ и электроники: Метод. пособие. –М.: Издательство МЭИ, 2001. –128с. (УДК 621.3 П–764).
10. Кобяк А.Т., Батенина А.П., Лагутина С.В. Применение программы схемотехнического моделирования Design Lab 8.0 в курсе электроники: Метод. Пособие.–М.: Издательство МЭИ, 2014. –36с. (УДК 621.3).
11. ГОСТ 2.743-88 «Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники». -Госстандарт СССР.
12. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры. Справочник. /Под ред. Романычевой З.Т. -М.: Радио и связь. -1989.

## Приложения

### П1. Номинальные ряды

Ряд	Номиналы											
Е6	10				15				22			
20%	33				47				68			
Е12	10	12		15	18		22	27				
10%	33	39		47	56		68	82				
Е24	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30
5%	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91

Ряд Е6 - 20%. Применяется обычно для электролитических конденсаторов.

Ряд Е12 - 10%. Применяется для резисторов и конденсаторов.

Ряд Е24 - 5%. Применяется для резисторов и конденсаторов.

### П2. Номинальный ряд напряжений (В)

**5; 9; 12; 15; 18; 24; 27; 30; 36; 48.**

### П3. Пример оформления спецификации

#### Спецификация элементов

№	Поз.	Название	К-во	Примечание
		Резисторы		
1	R1	C2-23-0,125Вт-6,8кОм $\pm 5\%$	1	
2	R2	МЛТ-2Вт-330кОм $\pm 10\%$	2	Соединить параллельно
3	R3	СПЗ-19а -0,5Вт-470 $\pm 10\%$	1	
		Конденсаторы		
4	C1	K53-4 33мкФ х 16В $\pm 20\%$	1	
5	C2	КМ 5А М750 120пФ $\pm 10\%$	1	
		Диоды		
6	VD1	КД 226 Г	1	
		Транзисторы		
7	VT1	КТ 3102 А	1	
8	VT2	2Т 9124 В	1	
		Микросхемы		
9	DA1	ОС 140 УД6В	1	140 УД6В
10	DD2	КМ 155 ИЕ7	1	SN 74193J

**П4. Пример оформления работы**

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Институт автоматики и вычислительной техники

---

Кафедра вычислительных машин, систем и сетей

Курсовой проект

**ЛИНЕЙНЫЙ ОДНОКАСКАДНЫЙ  
УСИЛИТЕЛЬ СИГНАЛА ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ**

**Выполнил****Студент**

Иванов Иван Иванович

**Группа**

А-17-19

**Дата**

15 мая 2021 г.

**Принял****Преподаватель**

Петров Петр Петрович

**Оценка****Дата**



## Содержание

1. Задание на проектирование и исходные данные .....	3
2. Обоснование и расчет элементов усилительного каскада .....	...
2.1. Обоснование принципиальной схемы усилительного каскада .....	...
2.2. Характеристики транзистора и обоснование выбора рабочей точки .....	...
2.3. Расчет резисторов .....	...
2.4. Графический расчет усилительного каскада .....	...
2.5. Расчет конденсаторов .....	...
3. Перечень элементов (спецификация) .....	...
4. Моделирование усилительного каскада на ЭВМ .....	...
4.1. Схема моделирования .....	...
4.2. Статический анализ схемы .....	...
4.3. Частотные характеристики усилителя .....	...
4.4. Амплитудная характеристика усилителя .....	...
4.5. Выводы .....	...
5. Сводные данные (сравнительные таблицы) .....	...
6. Список использованной литературы .....	...

## **1. Задание на проектирование и исходные данные**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## **2. Обоснование и расчет элементов усилительного каскада**

### **2.1. Выбор принципиальной схемы усилительного каскада**

.....  
.....  
.....  
.....

И т.д.

## 5. Сводные данные

### 1. Расчет режима схемы по постоянному току:

	Расчет	Моделирование на ЭВМ
$I_K$ , мА		
$U_{KЭ}$ , В		
$I_6$ , мкА		

### 2. Основные параметры каскада:

	Задание	Расчет	Моделирование на ЭВМ
$K_u$			
$R_{вх}$ , кОм			
$R_{вых}$ , Ом			
$f_H$ , Гц			
$f_B$ , Гц			
$U_{вых макс}$ , В			
КНИ, %			