

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра информационных радиотехнологий

М.П. Федоринчик

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

по курсу

АНАЛОГОВАЯ И ЦИФРОВАЯ СХЕМОТЕХНИКА

для студентов специальности «ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

заочной формы обучения

Минск 2026

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

1 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретический материал дисциплины необходимо изучать в том порядке, в каком он изложен в рабочей программе, В качестве источников информации следует использовать те, которые указаны в соответствующем разделе рабочей программы. Данные источники расположены в порядке значимости, причем на первые места отобраны такие, которые являются определяющими для освещения тех или других подразделов программы курса.

Контроль знаний, получаемых при изучении данной дисциплины, возможен с помощью перечня вопросов, которые составлены по каждому из подразделов рабочей программы, сгруппированы в отдельный подраздел и приведены ниже. Эти вопросы охватывают практически весь материал изучаемой дисциплины и способствуют углубленному пониманию принципов радиотехники, основ схмотехнического анализа, процессов, происходящих в электрических схемах и радиотехнических устройствах на их основе.

В процессе изучения дисциплины студент обязан проработать весь материал, предусмотренный программой, выполнить контрольное задание, приводимое ниже, проделать лабораторные работы в необходимом объеме, защитить эти два вида работ, и сдать экзамен по курсу.

Перечисленные виды работ студент выполняет индивидуально в первом семестре. По наиболее трудным темам дисциплины в период сессий читаются лекции в соответствии с учебно-методической (технологичной) картой дисциплины. В течение семестра преподавателями кафедры проводятся также консультации. В случае невозможности очно воспользоваться консультацией, указанной в расписании кафедры, студент может обратиться за разъяснениями к преподавателю по электронной почте. Адреса электронной почты всех преподавателей кафедры информационных радиотехнологий имеются на странице кафедры сайта БГУИР.

2 КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

2.1 Характеристика и правила оформления контрольного задания

За время изучения дисциплины «Аналоговая и цифровая схмотехника» каждый студент выполняет одно контрольное задание в четвертом семестре. Анализируемые схемы и исходные данные для расчета приведены в таблицах ниже.

Задачи составлены с учетом максимального охвата теоретической части материала изучаемой дисциплины, что способствует успешному овладению знаниями, приобретению практических навыков в вопросах анализа электрических схем, а также познанию физических процессов, происходящих в таких схемах и радиотехнических устройствах на их основе.

Выполненное контрольное задание оформляется рукописно в ученической тетради с полями в 3-4 см и пронумерованными страницами или в напечатанном виде на стандартных листах формата А4, объединенных в один документ. Тексто-

вый материал излагается кратко, грамотно без сокращений.

В тексте решенной задачи приводятся анализируемая принципиальная схема функционального устройства, исходные данные для расчета, цифровые данные, заимствованные из таблиц по соответствующему номеру варианта, решение задачи с необходимыми пояснениями и ссылками на источники информации, которые приводятся в заключительной части оформленного контрольного задания.

В тексте контрольных заданий в обязательном порядке приводятся расчетные формулы, в которые затем подставляют цифровые данные. В окончательных результатах расчета проставляется размерность. Если расчетные формулы заимствуются не из данных методических указаний, а из других литературных источников, то такие источники информации приводятся в соответствующем перечне и в тексте на них дается ссылка.

Графический материал контрольных заданий выполняется на миллиметровой бумаге или на бумаге с самостоятельно нанесенной сеткой. При оформлении контрольной работы необходимо учитывать требования стандарта БГУИР СТП 01-2024 «Дипломные проекты (работы). Общие требования», который представлен на странице учебного отдела сайта БГУИР.

В конце оформленной работы делается резюме, отражающее объем выполнения контрольного задания, ставится дата и подпись исполнителя.

Номера вариантов цифровых данных, необходимых для расчета, определяются по номеру студента в списке группы.

2.2 Методические указания по выполнению контрольного задания

Приступать к выполнению контрольного задания следует только после изучения в достаточном объеме теоретического материала по данной дисциплине. Наиболее подготовленные студенты могут приступать к выполнению заданий и раньше однако, с обязательной предварительной проработкой материала, сформулированного в разделах 1 и 2 содержания рабочей программы. Основным источником информации для выполнения контрольных заданий является настоящее пособие. В качестве дополнительной литературы могут быть использованы источники, указанные в перечне литературы рабочей программы дисциплины.

2.3 Контрольное задание №1

2.3.1 Для заданного варианта схемы, с помощью символического метода анализа, определить комплексный коэффициент передачи. Вывести формулы для амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), фазочастотной характеристики (ФЧХ) и частоты среза f_{CP} коэффициента передачи.

2.3.2 Построить графики АЧХ и ФЧХ коэффициента передачи и входного сопротивления схемы для заданных номиналов схемы в диапазоне частот от $0,01 f_{CP}$ до $100 f_{CP}$. Графики строить в логарифмическом масштабе по оси частот по точкам, выбираемым через октаву. Например: 1Гц, 2Гц, 5Гц, 10Гц, 20Гц, 50Гц, 100Гц и т.д. Расчетные значения точек должны быть сведены в таблицы и представлены в контрольном задании.

2.3.3 Начертить временные диаграммы двух периодов входного и выходного напряжений для заданных частот с соблюдением масштаба величин напряжений.

Входное и выходное напряжения одной частоты представить на одном чертеже.

2.3.4 Записать в тригонометрической и экспоненциальной формах выражения для выходных напряжений схемы на заданных частотах f_1 и f_2 . Амплитуду входного синусоидального сигнала считать равной 1 В.

2.3.5 Построить векторные диаграммы напряжений по п. 2.3.4.

Таблица 2.1

Варианты схем контрольного задания

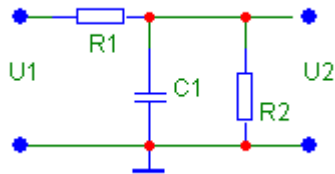
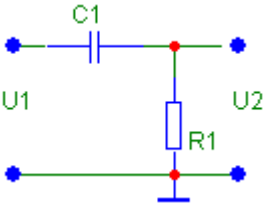
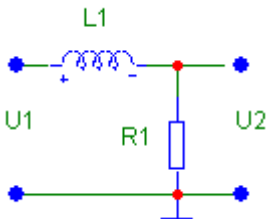
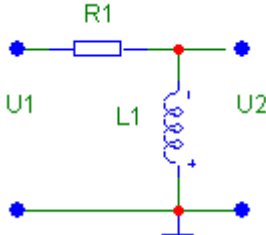
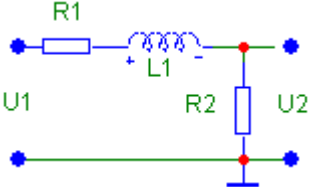
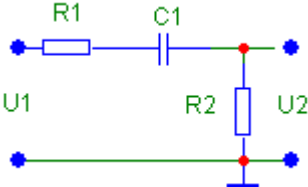
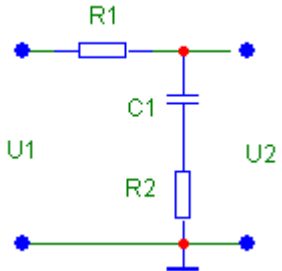
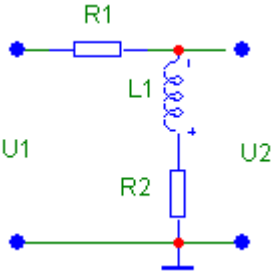
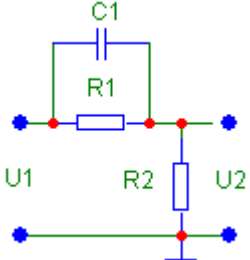
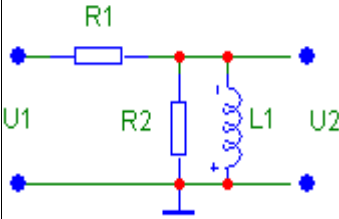
 <p>Схема 1</p>	 <p>Схема 2</p>
 <p>Схема 3</p>	 <p>Схема 4</p>
 <p>Схема 5</p>	 <p>Схема 6</p>
 <p>Схема 7</p>	 <p>Схема 8</p>
 <p>Схема 9</p>	 <p>Схема 10</p>

Таблица 2.2 - Варианты контрольного задания

<p>Вариант 1: Схема 1 $R1=32\text{кОм}$, $C1=10\text{нФ}$, $R2=32\text{кОм}$, $f_1=0,5 f_{cp}$ $f_2=2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 2: Схема 2 $R1=150\text{кОм}$, $C1=1\text{мкФ}$, $f_1=0,5f_{cp}$ $f_2=2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 3: Схема 3 $R1=6,3 \text{ Ом}$, $L1=1\text{мГ}$, $f_1=0,5f_{cp}$ $f_2=2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 4: Схема 4 $R1=6,3 \text{ кОм}$, $L1=1\text{мГ}$, $f_1=0,5f_{cp}$ $f_2=2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 5: Схема 5 $R1=1,2\text{кОм}$, $L1=1\text{мГ}$, $R2=1,2\text{кОм}$, $f_1=0,5f_{cp}$ $f_2=2 f_{cp}$</p>
<p>Вариант 6: Схема 6 $R1=2\text{кОм}$, $C1=1,6 \text{ нФ}$, $R2=2\text{кОм}$, $f_1=0,2 f_{cp}$ $f_2=2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 7: Схема 7 $R1=18\text{кОм}$, $C1=160 \text{ пФ}$, $R2=2\text{кОм}$, $f_1=0,2f_{cp}$ $f_2=2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 8: Схема 8 $R1=11 \text{ кОм}$, $L1=1\text{мГ}$, $R2=1,2 \text{ кОм}$, $f_1=0,2f_{cp}$ $f_2=2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 9: Схема 9 $R1=300 \text{ кОм}$, $C1=1 \text{ нФ}$, $R2=32 \text{ кОм}$, $f_1=0,2f_{cp}$ $f_2=2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 10: Схема 10 $R1=1,2 \text{ кОм}$, $L1=1\text{мГ}$, $R2=1,2 \text{ кОм}$, $f_1=0,2f_{cp}$ $f_2=2 f_{cp}$</p>
<p>Вариант 11: Схема 1 $R1=91\text{кОм}$, $C1=10\text{нФ}$, $R2=10\text{кОм}$, $f_1=0,6 f_{cp}$ $f_2=3 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 12: Схема 2 $R1=160\text{кОм}$, $C1=100\text{нФ}$, $f_1=0,3f_{cp}$ $f_2=3 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 13: Схема 3 $R1=63 \text{ Ом}$, $L1=1\text{мГ}$, $f_1=0,6f_{cp}$ $f_2=3 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 14: Схема 4 $R1=63\text{Ом}$, $L1=2\text{мГ}$, $f_1=0,3f_{cp}$ $f_2=3 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 15: Схема 5 $R1=82 \text{ кОм}$, $L1=1\text{мГ}$, $R2=7,2\text{кОм}$, $f_1=0,6f_{cp}$ $f_2=3 f_{cp}$</p>
<p>Вариант 16: Схема 6 $R1=20\text{кОм}$, $C1=1,6 \text{ нФ}$, $R2=20\text{кОм}$, $f_1=0,1f_{cp}$ $f_2=5 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 17: Схема 7 $R1=20\text{кОм}$, $C1=7,2 \text{ нФ}$, $R2=2,2\text{кОм}$, $f_1=0,1f_{cp}$ $f_2=5 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 18: Схема 8 $R1=82\text{кОм}$, $L1=1\text{мГ}$, $R2=9,1 \text{ кОм}$, $f_1=0,1f_{cp}$ $f_2=5 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 19: Схема 9 $R1=91\text{кОм}$, $C1=1 \text{ нФ}$, $R2=10 \text{ кОм}$, $f_1=0,1f_{cp}$ $f_2=5 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 20: Схема 10 $R1=630 \text{ Ом}$, $L1=1\text{мГ}$, $R2=72 \text{ Ом}$, $f_1=0,1f_{cp}$ $f_2=5 f_{cp}$</p>
<p>Вариант 21: Схема 1 $R1=10\text{кОм}$, $C1=10\text{нФ}$, $R2=91\text{кОм}$, $f_1=0,8 f_{cp}$ $f_2=1,4 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 22: Схема 2 $R1=16\text{кОм}$, $C1=10\text{нФ}$, $f_1=0,7 f_{cp}$ $f_2=1,2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 23: Схема 3 $R1=120\text{Ом}$, $L1=1\text{мГ}$, $f_1=0,8f_{cp}$ $f_2=1,4 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 24: Схема 4 $R1=63 \text{ кОм}$, $L1=1\text{мГ}$, $f_1=0,7f_{cp}$ $f_2=1,2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 25: Схема 5 $R1=7,2\text{кОм}$, $L1=1\text{мГ}$, $R2=82\text{кОм}$, $f_1=0,8 f_{cp}$ $f_2=1,4 f_{cp}$</p>
<p>Вариант 26: Схема 6 $R1=200\text{кОм}$, $C1=0,8 \text{ нФ}$, $R2=22\text{кОм}$, $f_1=0,3 f_{cp}$ $f_2=1,2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 27: Схема 7 $R1=18\text{кОм}$, $C1=7,2 \text{ нФ}$, $R2=2\text{кОм}$, $f_1=0,3 f_{cp}$ $f_2=1,2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 28: Схема 8 $R1=7,2 \text{ кОм}$, $L1=1\text{мГ}$, $R2=820 \text{ Ом}$, $f_1=0,3 f_{cp}$ $f_2=1,2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 29: Схема 9 $R1=10\text{кОм}$, $C1=1 \text{ нФ}$, $R2=1,1 \text{ кОм}$, $f_1=0,3 f_{cp}$ $f_2=1,2 f_{cp}$</p>	<p>Вариант 30: Схема 10 $R1=72 \text{ Ом}$, $L1=1\text{мГ}$, $R2=630 \text{ Ом}$, $f_1=0,3 f_{cp}$ $f_2=1,2 f_{cp}$</p>

2.4 Контрольное задание №2

2.4.1 Изучить по рекомендованной литературе основные показатели усилительных устройств и их параметры, а также ознакомиться со схемой усилителя на Рисунке 2.1.

Исследуемый двухкаскадный усилитель (Рисунок 2.1) выполнен на транзисторах $V1...V5$ и представляет собой УПТ с непосредственной связью между каскадами.

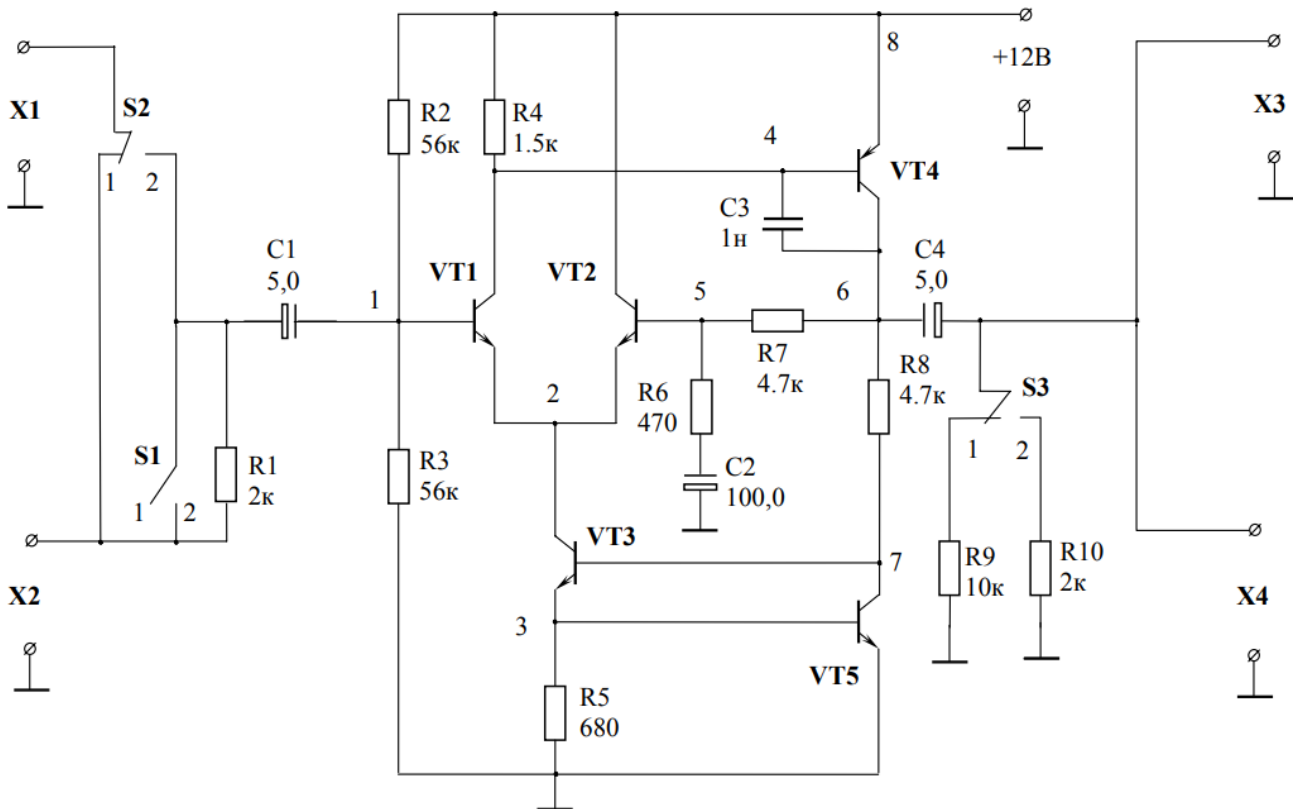


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема двухкаскадного усилителя

Первый каскад – дифференциальный, на транзисторах $VT1$ и $VT2$, второй, на транзисторе $VT4$, собран по схеме с общим эмиттером. Транзисторы $VT3$ и $VT5$ образуют источник стабильного тока, задающий режим работы дифференциального каскада. Выход усилителя связан с одним из выходов дифференциального каскада (база $VT2$) цепью отрицательной обратной связи (элементы $R7$, $R6$ и $C2$). Разделительные конденсаторы $C1$ и $C4$ служат для связи усилителя с источником сигнала и внешней нагрузкой. Резистор $R1$ – измерительный, используется при измерении $R_{ВХ}$ усилителя. Резисторы $R9$ и $R10$ моделируют внешнюю нагрузку и позволяют измерить его выходное сопротивление. Входной сигнал

подается на клеммы X2. Клеммы X1 служат для подключения вольтметра при измерении входного сопротивления усилителя.

2.4.2 Провести анализ схемы исследуемого усилителя по постоянному току при напряжении питания $E_0 = 12$ В. Расчетным путем определить коллекторные токи транзисторов и напряжения в контрольных точках 1...8. При расчетах принять напряжение база-эмиттер транзисторов $U_{БЭ} = (0,6 - 0,7)$ В, а базовыми токами пренебречь, т.е. считать ток коллектора I_K равным току эмиттера $I_Э$. Учесть, что в дифференциальном каскаде токи транзисторов V1 и V2 в исходном состоянии практически равны.

2.4.3 Выполнить расчет усилителя по переменному току в диапазоне средних частот, т.е. определить коэффициент передачи усилителя без учета реактивных элементов. Для расчета использовать справочные данные транзисторов ($h_{21MIN} = 50$; $h_{21MAX} = 350$; $|h_{21}| = 2,5$ на $f = 100$ МГц; $C_K = 7$ пФ; $\tau_K = 500$ пс), позволяющие определить следующие их параметры:

а) средний коэффициент усиления по току

$$h_{21} = \sqrt{h_{21MIN} h_{21MAX}} \quad ;$$

б) входное сопротивление транзистора в заданном рабочем режиме

$$h_{11} = r_{Б'} + r_{Б'Э} ,$$

где $r_{Б'} = \frac{\tau_K}{C_K}$; $r_{Б'Э} = r_Э (1 + h_{21})$, $r_Э = \frac{\varphi_T}{I_Э}$, $\varphi_T = 25$ мВ;

в) крутизну транзистора

$$y_{21} = \frac{h_{21}}{h_{11}} \quad ;$$

г) предельную частоту усиления по току

$$f_{h21} = |h_{21}| f_{ИЗМ} .$$

д) коэффициент усиления напряжения

$$K_0 = y_{21} R_{KH} .$$

2.5 Контрольное задание №3

2.5.1 Изучить по рекомендованной литературе основные показатели усилительных устройств на операционных усилителях и их параметры.

2.5.2 Составить схемы на операционных усилителях, выполняющие операции, указанные в Таблице 3.1. Вариант задания выбирается в соответствии с номером в списке группы.

Таблица 3,1 - Варианты контрольного задания №3

№ варианта	Формула	№ варианта	Формула	№ варианта	Формула
1	$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{5U_1}{U_2} + U_3.$	11	$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_1}{3U_2} + U_3.$	21	$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_1}{U_2} + 8U_3.$
2	$U_{\text{ВЫХ}} = (5U_1 - U_2)U_3.$	12	$U_{\text{ВЫХ}} = (3U_1 - U_2)U_3.$	22	$U_{\text{ВЫХ}} = (5U_1 - 2U_2)U_3.$
3	$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{3U_1 + U_2}{10} - U_3.$	13	$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{3U_1 + U_2}{15} - U_3$	23	$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_1 + 8U_2}{10} - U_3$
4	$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{3U_1 + U_2}{10} \times U_3$	14	$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{3U_1 - U_2}{10} \times U_3$	24	$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_1 - 5U_2}{10} \times U_3$
5	$U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{U_2 + 6U_3}$	15	$U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{U_2 - 7U_3}$	25	$U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{U_2 - 15U_3}$
6	$U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{U_2^2 + U_3}$	16	$U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{2U_2^2 + U_3}$	26	$U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{U_2^2 + 10U_3}$
7	$U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt[3]{4U_2}.$	17	$U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt[3]{10U_2}.$	27	$U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt[3]{15U_2}.$
8	$U_{\text{ВЫХ}} = 4U_2^3.$	18	$U_{\text{ВЫХ}} = 14U_2^3$	28	$U_{\text{ВЫХ}} = 24U_2^3$
9	$U_{\text{ВЫХ}} = U_1^2 + 5U_2.$	19	$U_{\text{ВЫХ}} = 8U_1^2 + 5U_2$	29	$U_{\text{ВЫХ}} = 3U_1^2 + 5U_2$
10	$U_{\text{ВЫХ}} = U_1^2 - 5U_2.$	20	$U_{\text{ВЫХ}} = 3U_1^2 - 5U_2.$	30	$U_{\text{ВЫХ}} = 10U_1^2 - 8U_2.$

При составлении схем, параметры операционных усилителей считать идеальными.