

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 10.02.2025

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabdf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

« 10 » 02



### Электронные устройства и схемотехника в мехатронике

Методические указания по выполнению практических и самостоятельных работ

для студентов направления

15.03.06 «Мехатроника и робототехника»



УДК 621.38

Составители: П.А. Безмен, Е.С. Тарасова, М.П. Щербакова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент Юго-Западного государственного университета *Е.Н. Политов*

**Электронные устройства и схемотехника в мехатронике:** методические указания по выполнению практических и самостоятельных работ для студентов направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. П.А. Безмен, Е.С. Тарасова, М.П. Щербакова. Курск, 2025. 48 с.

Изложены задачи для решения на практических занятиях и задания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Электронные устройства и схемотехника в мехатронике».

Методические указания соответствуют требованиям Федерального государственного образовательного стандарта.

Методические указания предназначены для студентов направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», а также других направлений технического профиля для всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л. 2,79 Уч.-изд.л. 2,7 Тираж 30 экз. Заказ. *104* Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	5
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТ (с вариантами) .....	20
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ .....	45
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	48

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Курс «Электронные устройства и схемотехника в мехатронике» является научной основой разработки и исследования электронных схем управления, измерительных и силовых схем, одной из основных дисциплин, обеспечивающих общетехническую общеинженерную подготовку студентов направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Предмет дисциплины – теоретические основы электроники и практические аспекты ее применения в инженерной практике.

Цель дисциплины – сформировать у студента компетенции – знания, умения и практические навыки, необходимые для последующего изучения специальных инженерных дисциплин, а также в дальнейшей его деятельности в качестве инженера непосредственно в условиях производства.

### **Задачи дисциплины**

- Изучение физических основ электроники.
- Изучение основного элементного базиса аналоговых и цифровых интегральных микросхем.
- Изучение основ расчета и проектирования.
- Изучение энергетических аспектов электроники.

Практические занятия по дисциплине «Электронные устройства и схемотехника в мехатронике» направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» проводятся с целью практического закрепления знаний, получаемых студентами в лекционном курсе, и выполняются в специализированных лабораториях кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета.

Предлагаемое пособие содержит задачи для решения на практических занятиях и задания для самостоятельной работы студентов.

## ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### Задача 1.

Определить среднюю величину выходного напряжения и напряжение пульсаций мостового выпрямителя на рис. 1.

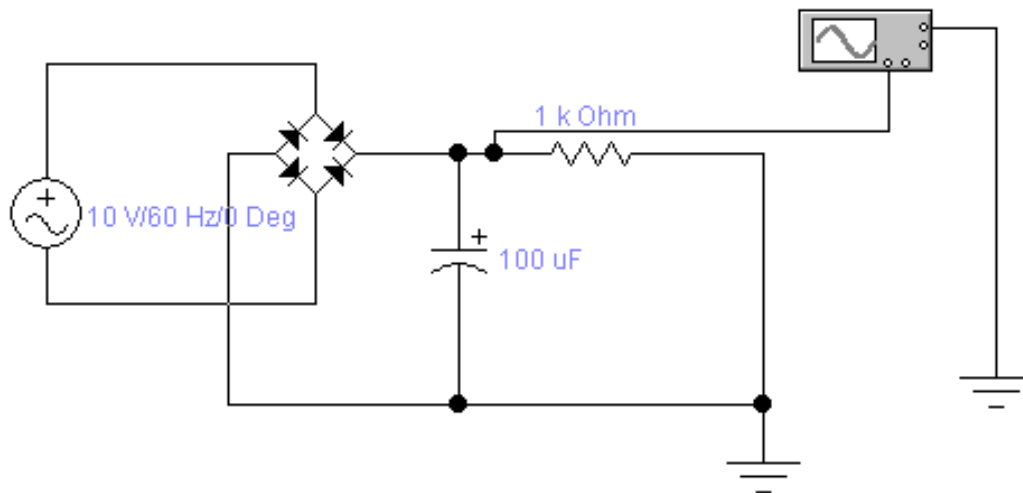


Рис. 1

### Задача 2.

Нарисовать схему усилителя с общим эмиттером и определить параметры элементов схемы для следующих условий: коэффициент усиления 15, напряжение питания схемы 20 В, ток покоя 1 мА.

### Задача 3.

Используя схемотехнику ТТЛ, нарисовать схему двухвходового элемента И-НЕ.

### Задача 4.

Нарисовать схему стабилизатора напряжения и определить параметры компонентов схемы исходя из следующего задания: входное напряжение 18 В, выходное напряжение 9 В, номинальный ток нагрузки 1 А.

### Задача 5.

Нарисовать схему токового зеркала и определить диапазон работоспособности схемы для следующих условий: задающий ток 2 мА, напряжение питания 12 В, коэффициент отражения 2.



### Задача 6.

Определить показания вольтметра на рис. 2.

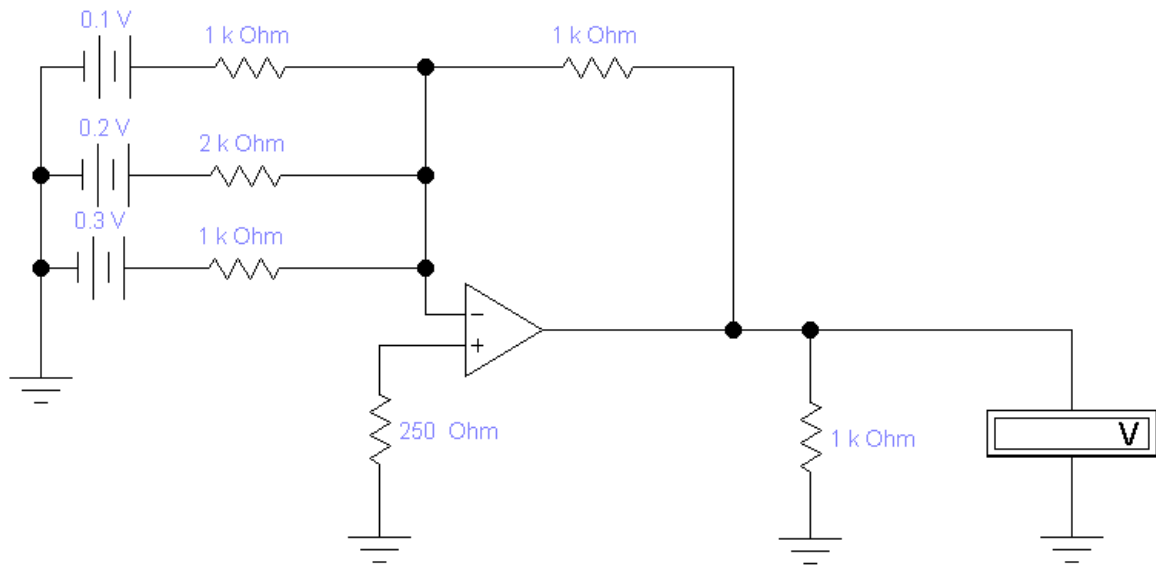


Рис. 2

### Задача 7.

Определить показания вольтметров на рис. 3.

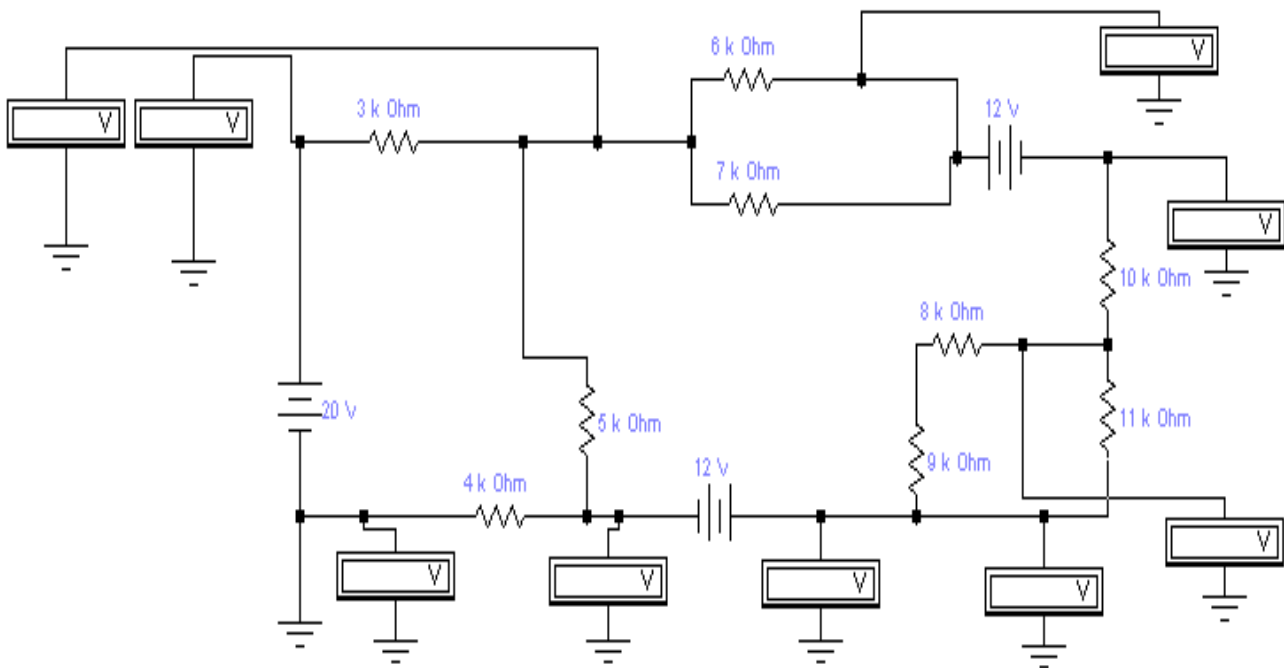


Рис. 3

### Задача 8.

Определить все возможные значения сопротивлений резисторов в схеме источника тока на рис. 4.

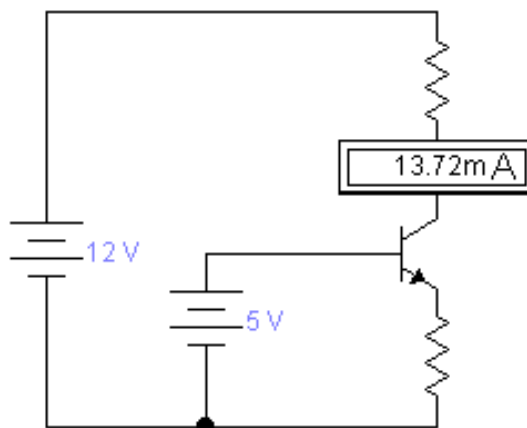


Рис. 4

### Задача 9.

Определить величину затворного резистора для транзистора IRFR3410 при частоте коммутации 20 кГц. Время переключения транзистора не более 50 нс.

### Задача 10.

Определить среднее значение выходного напряжения и изобразить форму выходного сигнала для схемы, изображенной на рис. 5.

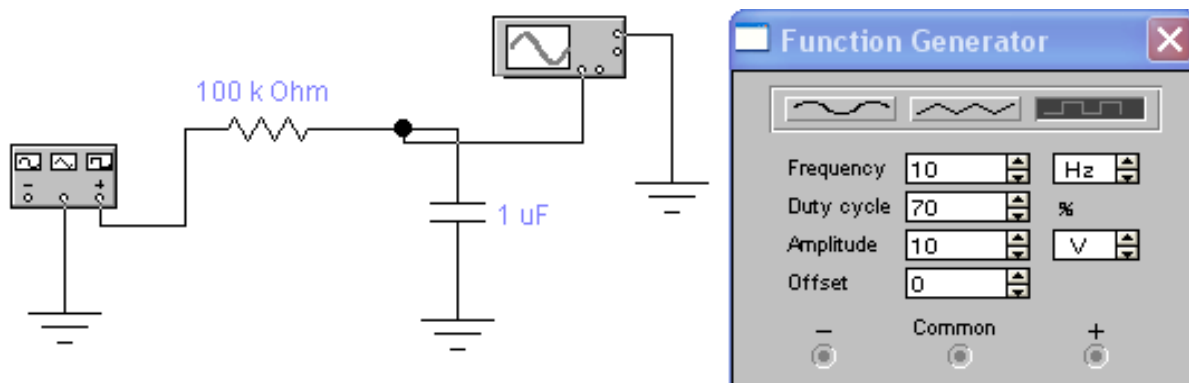


Рис. 5

### Задача 11.

На основе показаний измерительных приборов определить номиналы элементов схемы, изображенной на рис. 6.

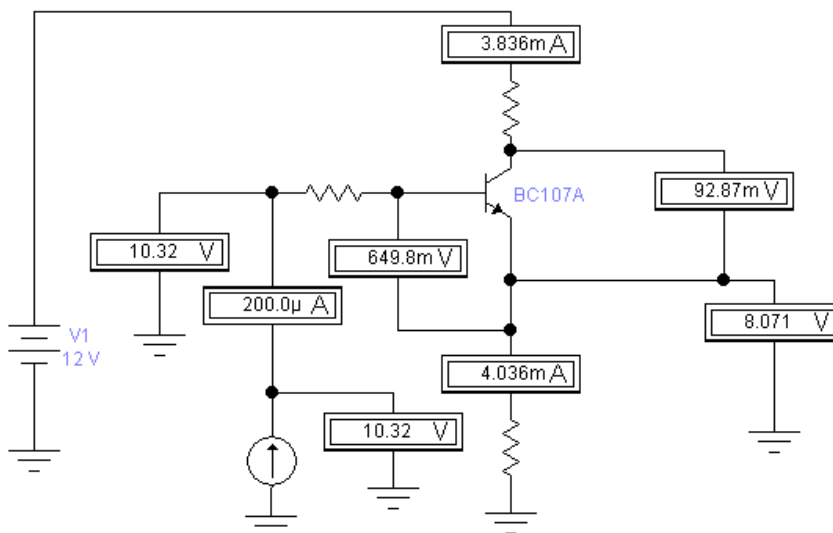


Рис. 6

### Задача 12.

Используя схемотехнику КМОП, нарисовать схему двухвходового элемента ИЛИ.

### Задача 13.

Определить показания измерительных приборов на рис. 7.

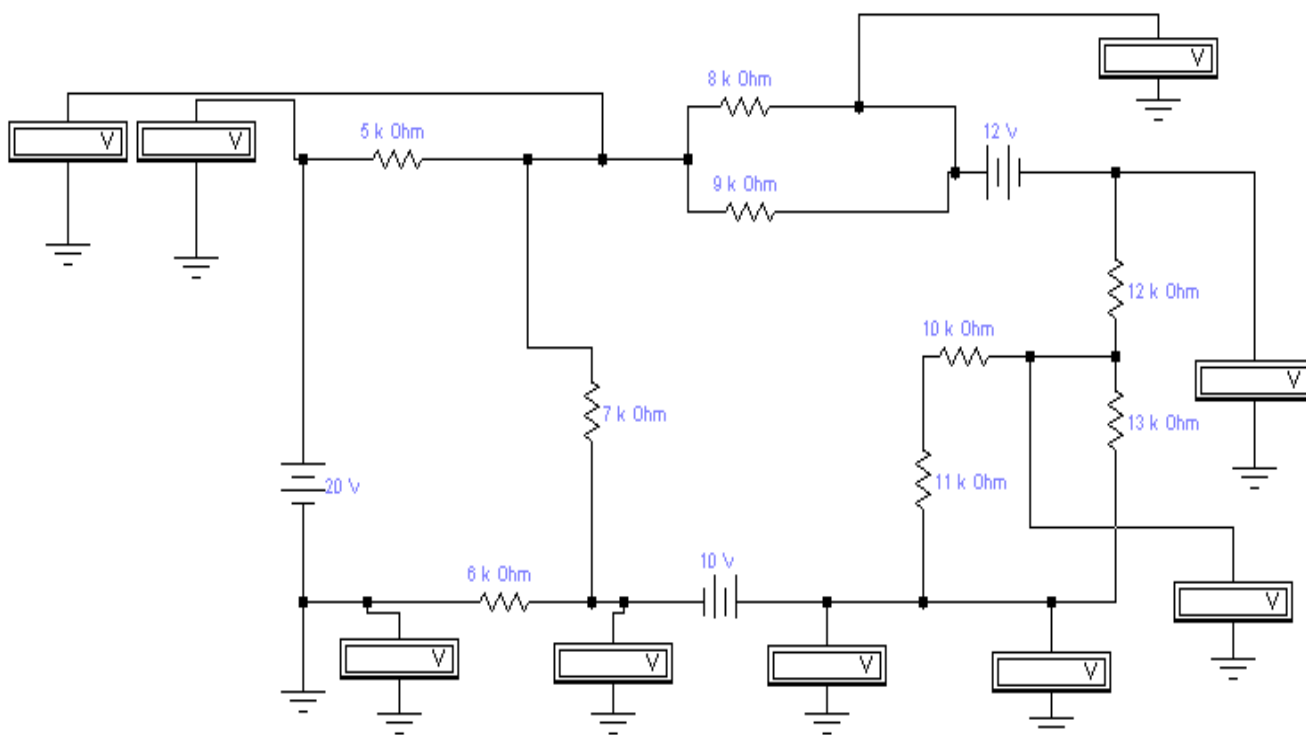


Рис. 7



### Задача 14.

Нарисовать схему усилителя с общим эмиттером и определить параметры элементов схемы для следующих условий: коэффициент усиления 12, напряжение питания схемы 10 В, ток покоя 1 мА.

### Задача 15.

Используя схемотехнику ТТЛ, нарисовать схему двухвходового элемента ИЛИ-НЕ.

### Задача 16.

Определить показания измерительных приборов на рис. 8.

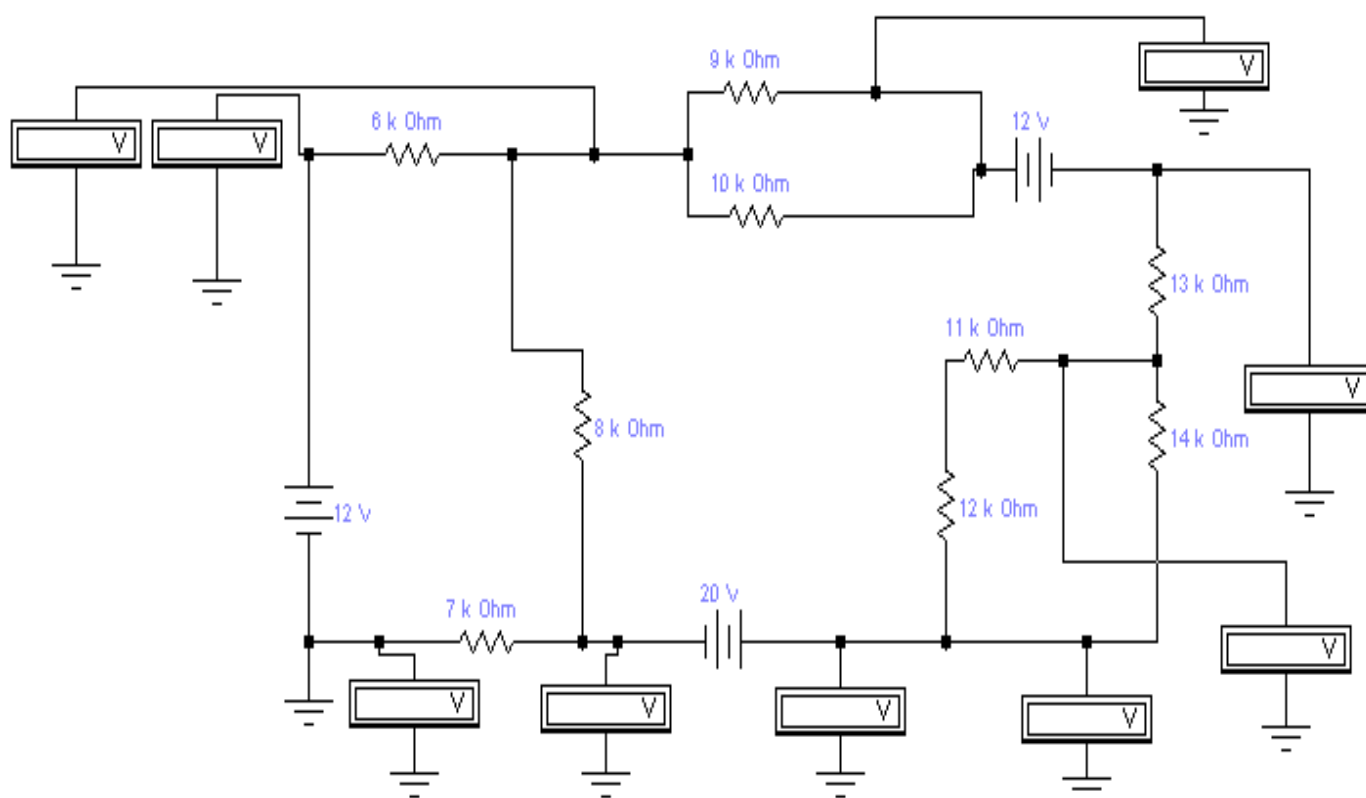


Рис. 8

### Задача 17.

Нарисовать схему токового зеркала и определить диапазон работоспособности схемы для следующих условий: задающий ток 6 мА, напряжение питания 12 В, коэффициент отражения 1/2.

### Задача 18.

Используя схемотехнику КМОП, нарисовать схему двухвходового элемента И-НЕ.

### Задача 19.

Определить среднюю величину выходного напряжения выпрямителя и напряжение пульсаций для схемы на рис. 9.

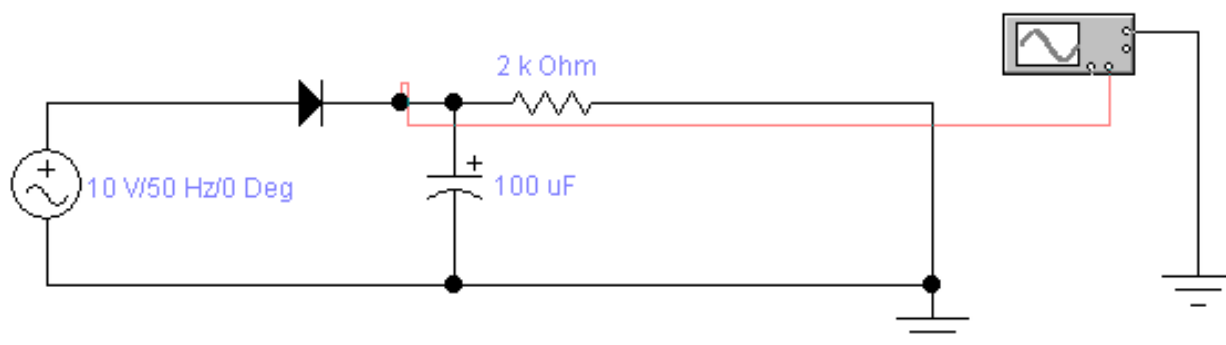


Рис. 9

### Задача 20.

Определить номиналы резисторов и посчитать КОСС для схемы на рис. 10.

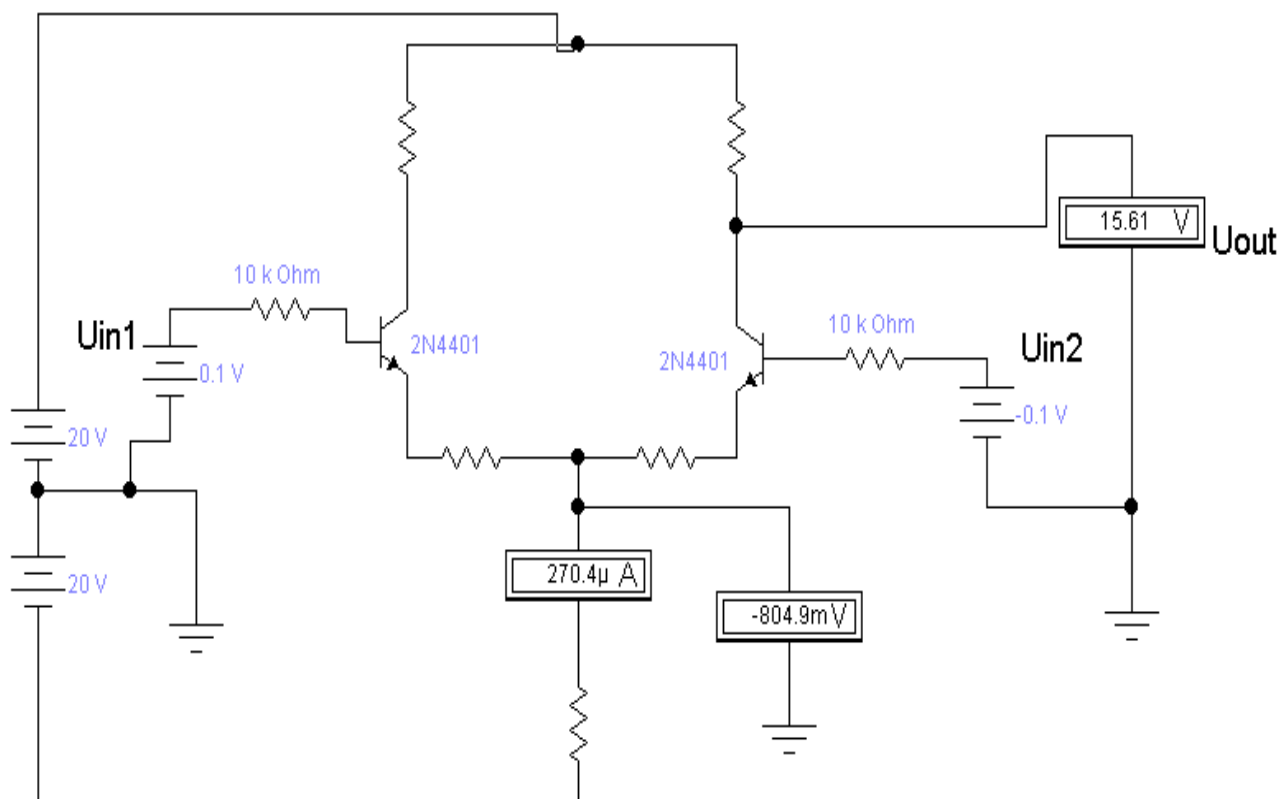


Рис. 10

### Задача 21.

Определить среднее значение выходного напряжения и изобразить форму выходного сигнала для схемы на рис. 11.

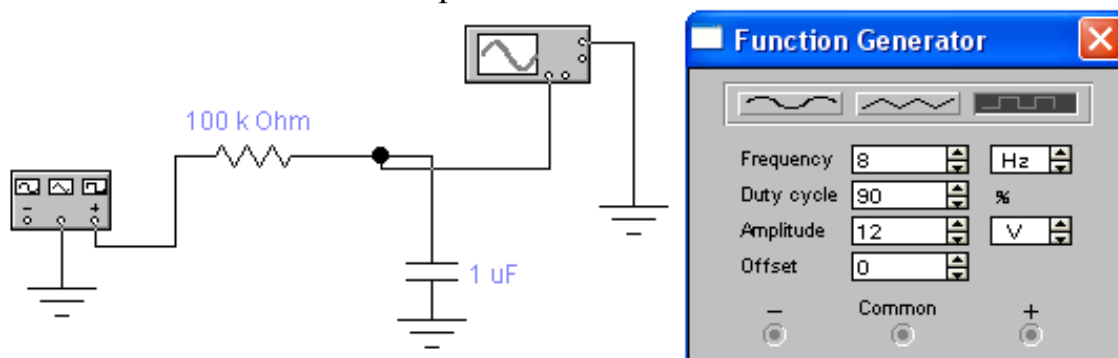


Рис. 11

### Задача 22.

Определить все возможные значения сопротивлений резисторов в схеме источника тока на рис. 12.

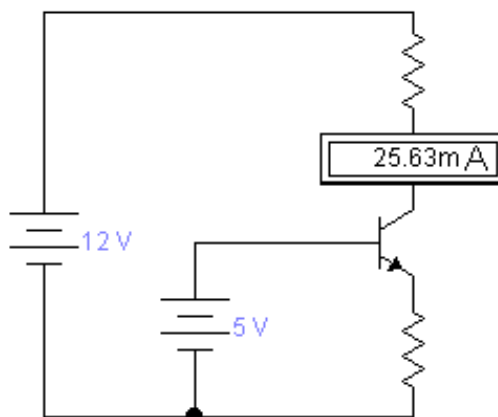


Рис. 12

### Задача 23.

Определить показания вольтметра на рис. 13.

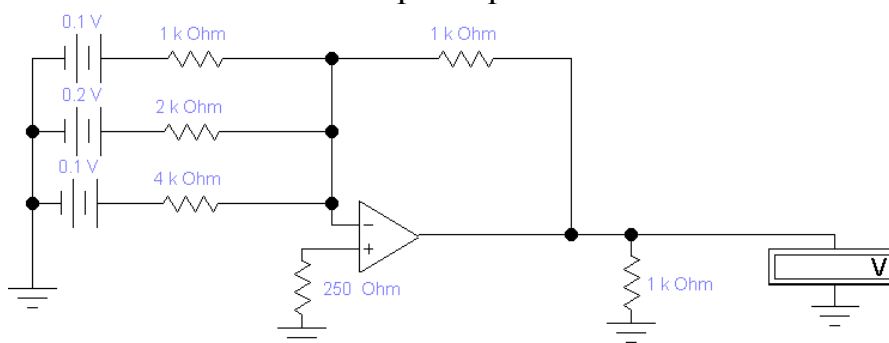


Рис. 13

### Задача 24.

Нарисовать схему стабилизатора напряжения и определить параметры компонентов схемы исходя из следующего задания: входное напряжение 20 В, выходное напряжение 12 В, номинальный ток нагрузки 0.7 А.

### Задача 25.

На основе показаний измерительных приборов определить номиналы резисторов схемы на рис. 14.

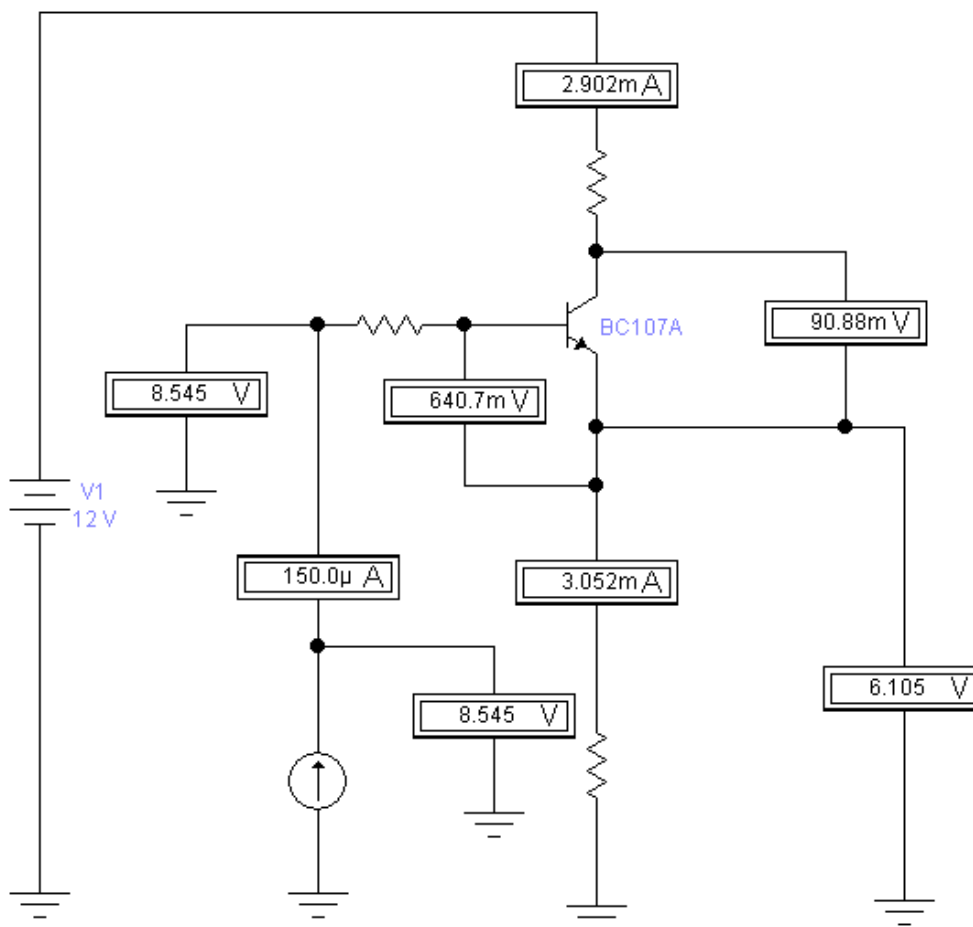


Рис. 14

### Задача 26.

Определить величину затворного резистора для транзистора IRFR2407 при частоте коммутации 10 кГц. Время переключения транзистора не более 100 нс.

### Задача 27.

Определить среднюю величину выходного напряжения и напряжение пульсаций мостового выпрямителя в схеме, изображенной на рис. 15.

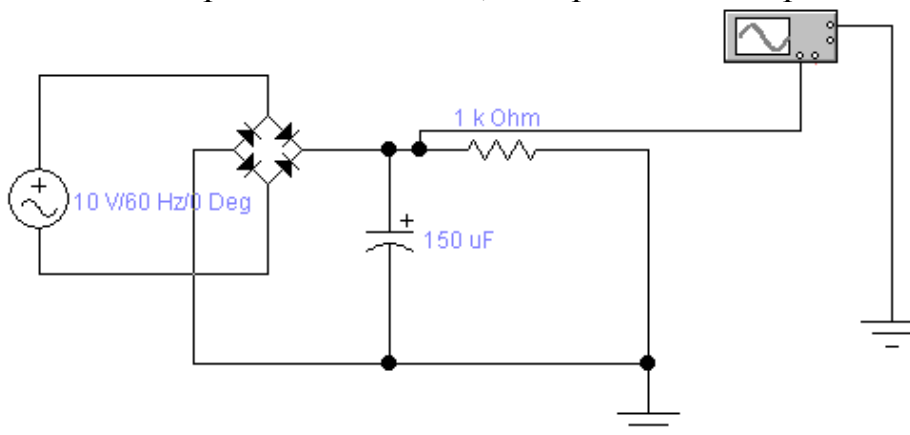


Рис. 15



### Задача 28.

Нарисовать схему усилителя с общим эмиттером и определить параметры элементов схемы для следующих условий: коэффициент усиления 20, напряжение питания схемы 20 В, ток покоя 4 мА.

### Задача 29.

Используя схемотехнику КМОП, нарисовать схему двухвходового элемента И.

### Задача 30.

Определить среднюю величину выходного напряжения выпрямителя и напряжение пульсаций в схеме, изображенной на рис. 16.

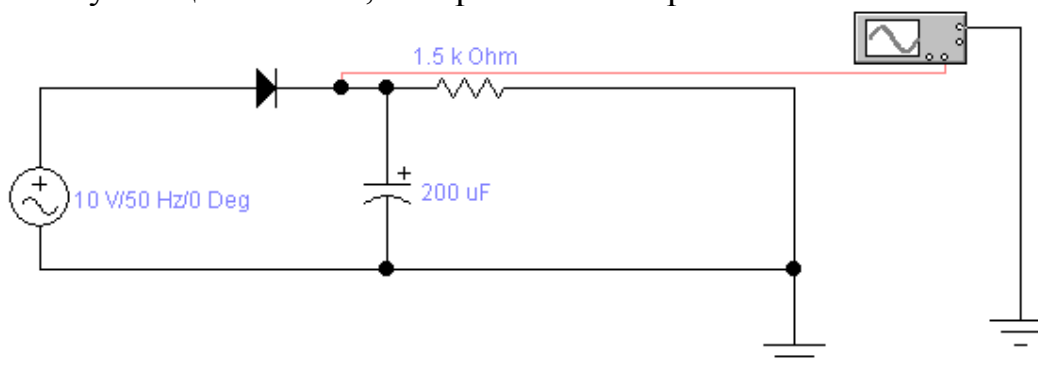


Рис. 16

### Задача 31.

Определить показания измерительных приборов на рис. 17.

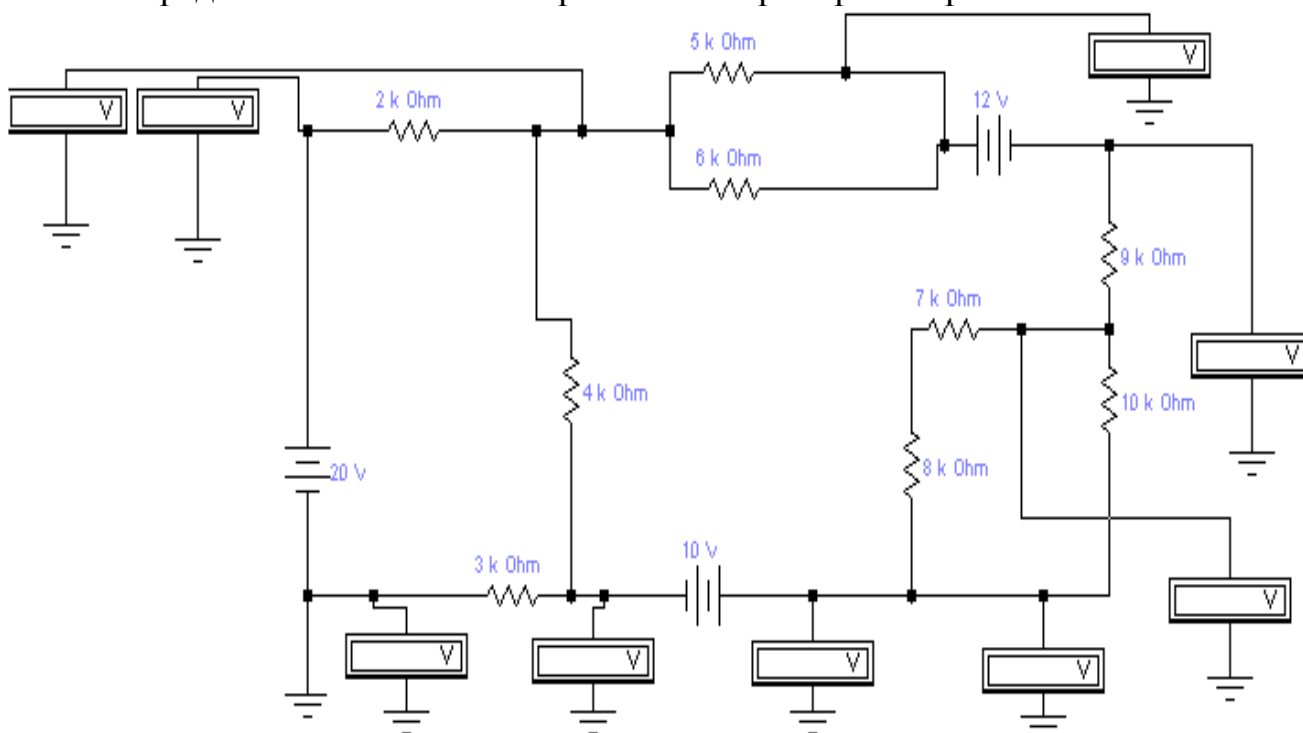


Рис. 17

### Задача 32.

Нарисовать схему токового зеркала и определить диапазон работоспособности схемы для следующих условий: задающий ток 4 мА, напряжение питания 5 В, коэффициент отражения 1.

### Задача 33.

Определить все возможные значения сопротивлений резисторов в схеме источника тока на рис. 18.

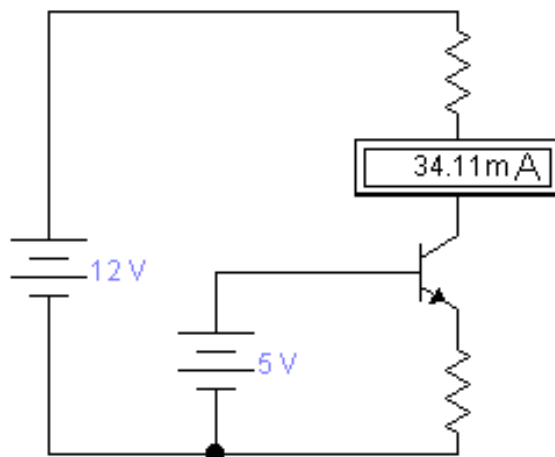


Рис. 18

### Задача 34.

Определить величину затворного резистора для транзистора IRF3705 при частоте коммутации 15 кГц. Время переключения транзистора не более 80 нс.

### Задача 35.

Определить среднее значение выходного напряжения и изобразить форму выходного сигнала для схемы, изображенной на рис. 19.

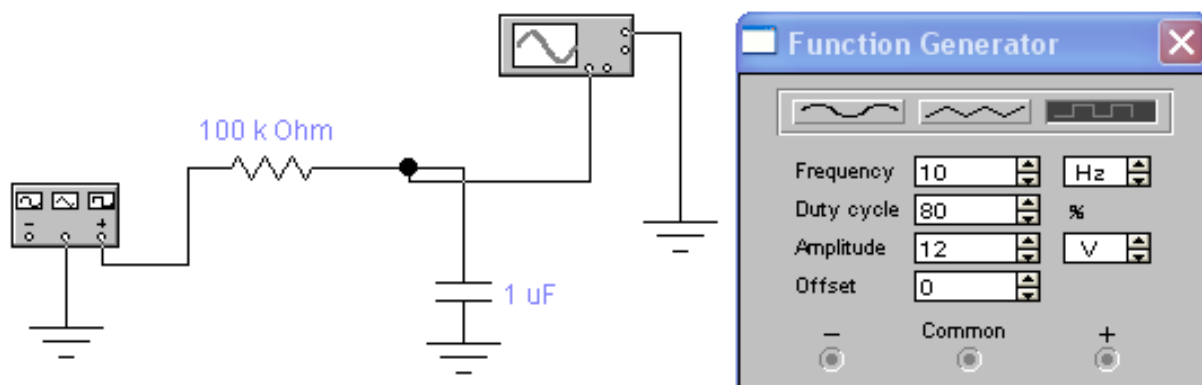


Рис. 19

### Задача 36.

На основе показаний измерительных приборов определить номиналы резисторов схемы на рис. 20.

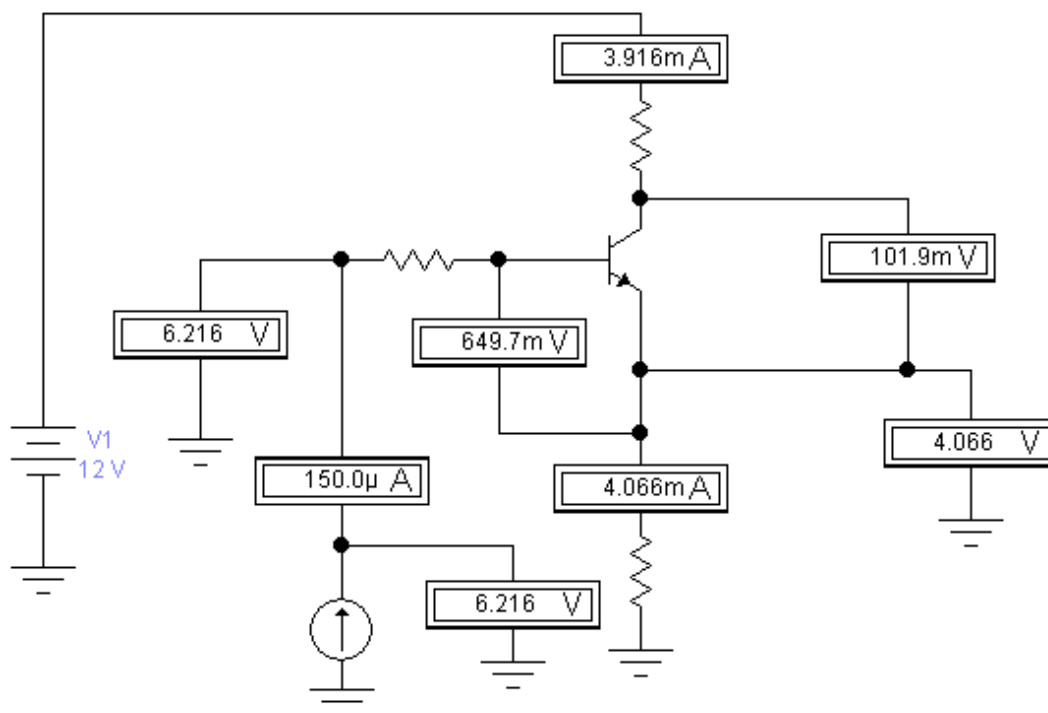


Рис. 20

### Задача 37.

Определить среднюю величину выходного напряжения и напряжение пульсаций мостового выпрямителя на рис. 21.

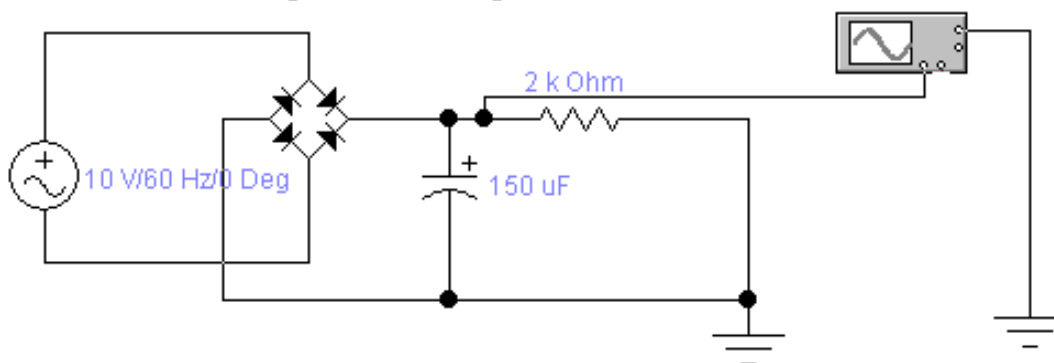


Рис. 21

### Задача 38.

Нарисовать схему стабилизатора напряжения и определить параметры компонентов схемы исходя из следующего задания: входное напряжение  $12\text{ V}$ , выходное напряжение  $5\text{ V}$ , номинальный ток нагрузки  $0.6\text{ A}$ .

### Задача 39.

Определить номиналы резисторов и посчитать КОСС для схемы на рис. 22.

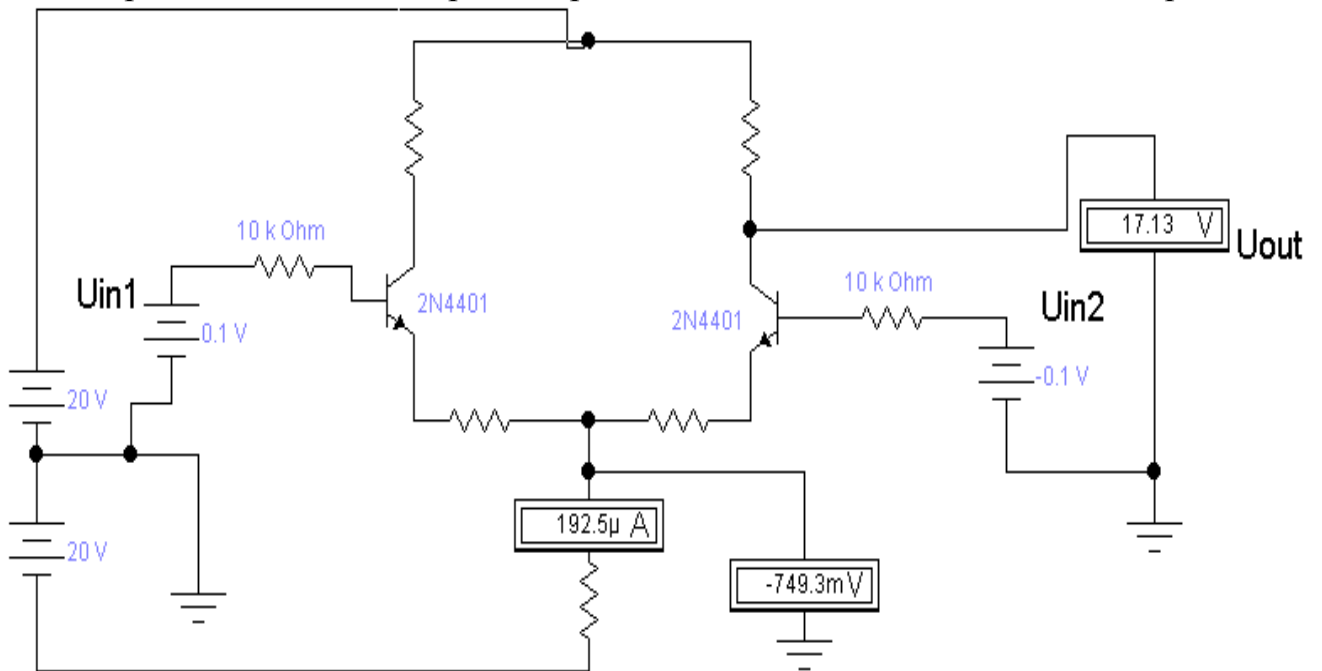


Рис. 22

### Задача 40.

Определить показания вольтметра на рис. 23.

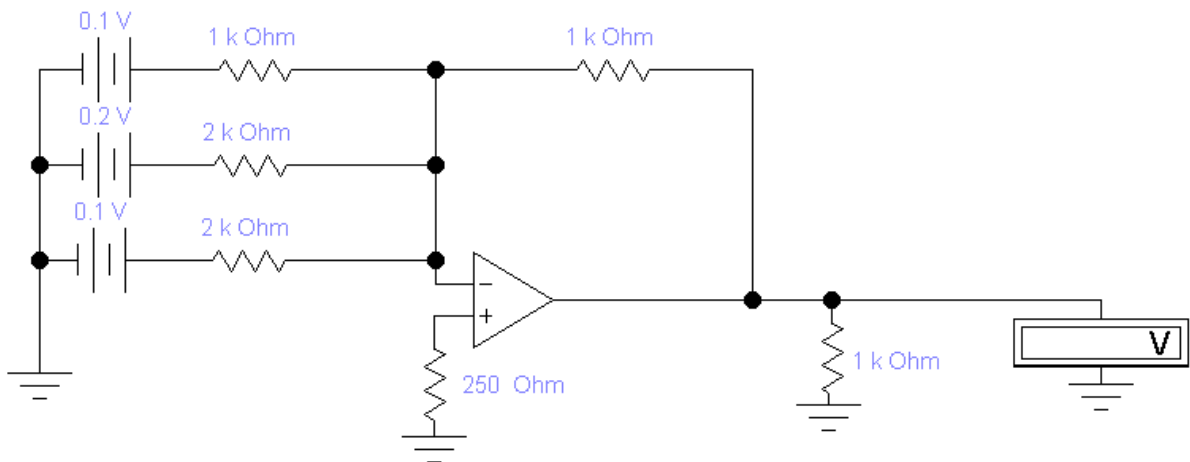


Рис. 23

### Задача 41.

Определить величину затворного резистора для транзистора IRF5802 при частоте коммутации 40 кГц. Время переключения транзистора не более 10 нс.



### Задача 42.

На основе показаний измерительных приборов определить номиналы резисторов схемы на рис. 24.

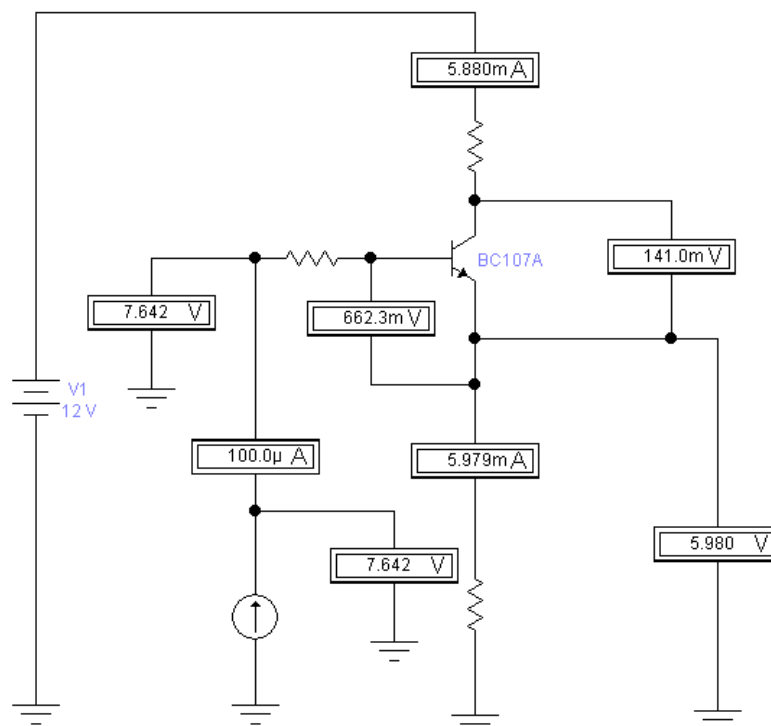


Рис. 24

### Задача 43.

Определить среднюю величину выходного напряжения и напряжение пульсаций мостового выпрямителя на рис. 26.

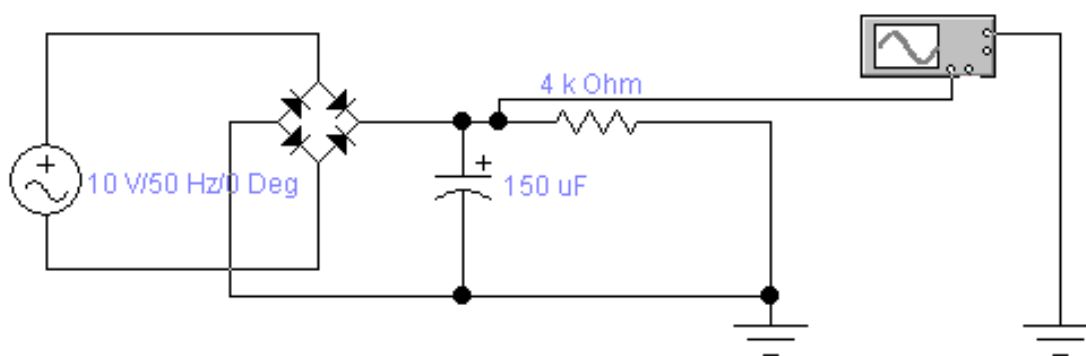


Рис. 26

### Задача 44.

Нарисовать схему усилителя с общим эмиттером и определить параметры элементов схемы для следующих условий: коэффициент усиления 10, напряжение питания схемы 15 В, ток покоя 2 мА.

### Задача 45.

Определить величину затворного резистора для транзистора IRF3710S при частоте коммутации 15 кГц. Время переключения транзистора не более 90 нс.

**Задача 46.**

Определить показания измерительных приборов на рис. 25.

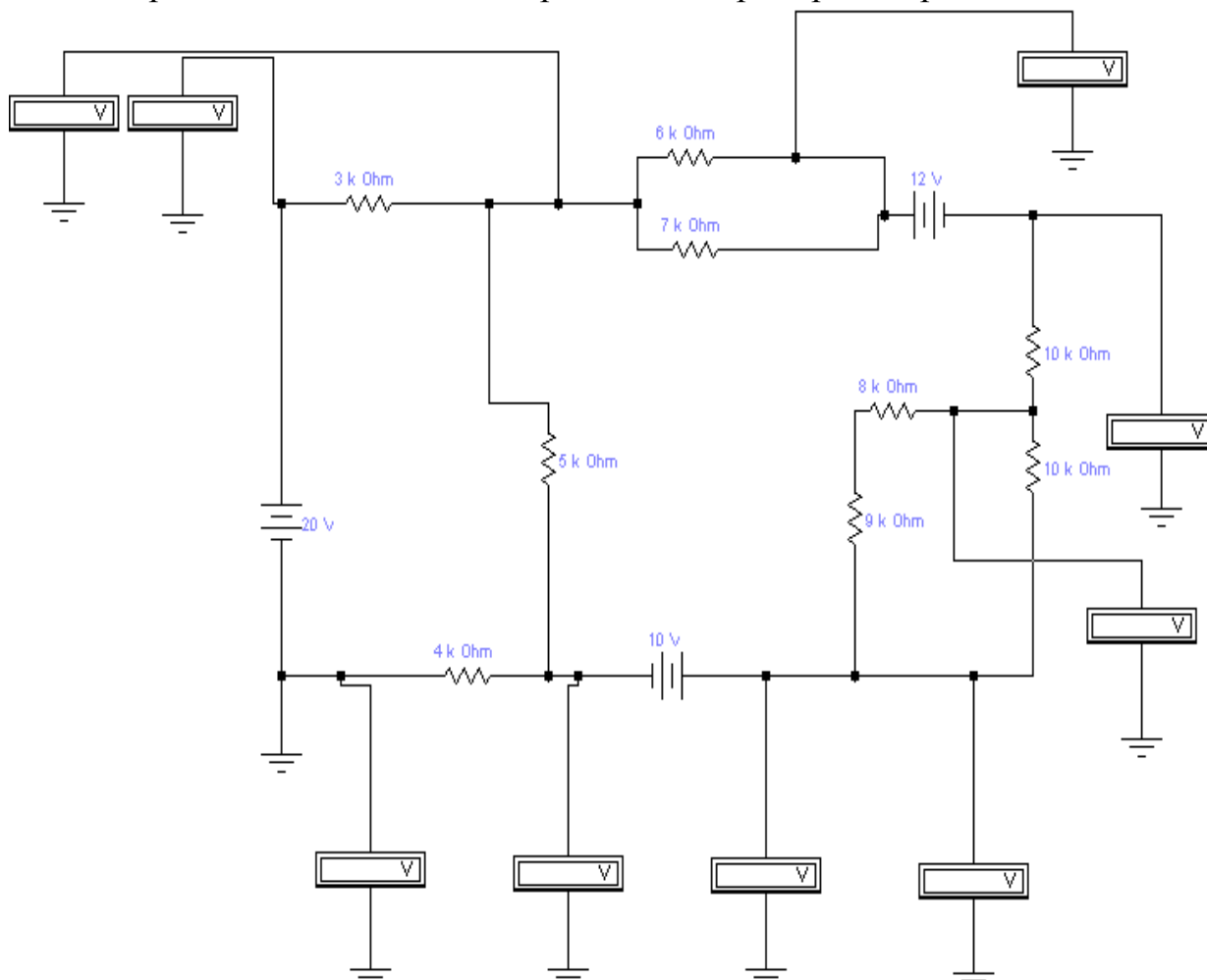


Рис. 25

**Задача 47.**

Определить номиналы резисторов и посчитать КОСС для схемы на рис. 27.

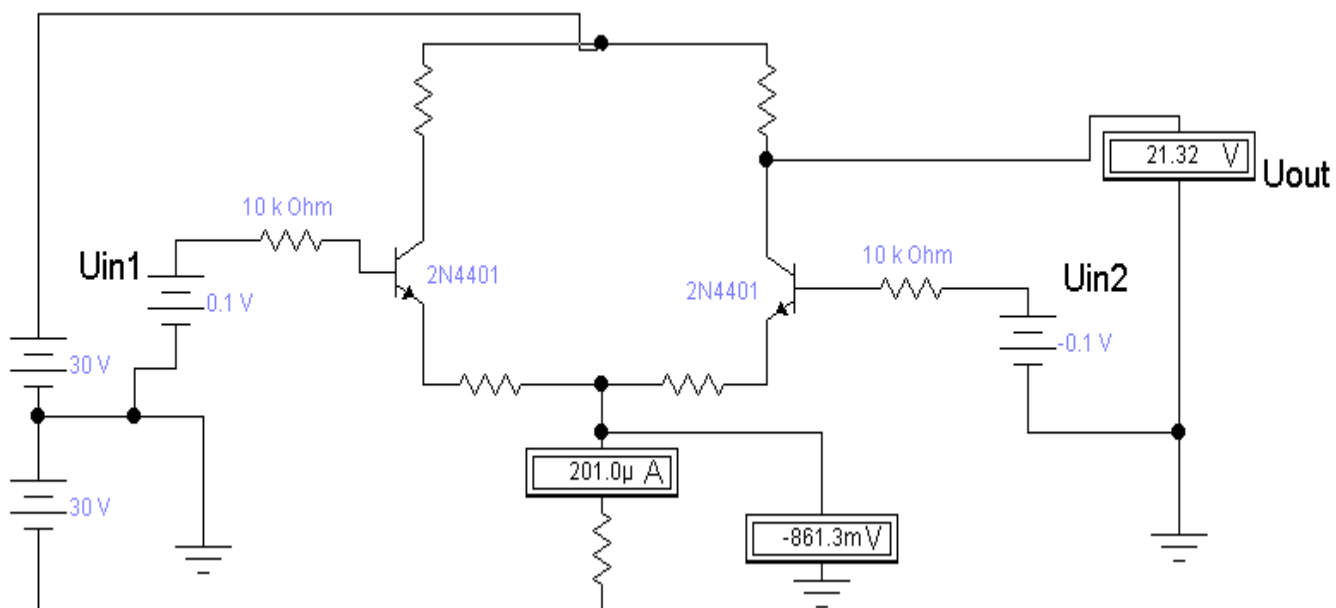


Рис. 27

### Задача 48.

Определить показания измерительных приборов на рис. 28.

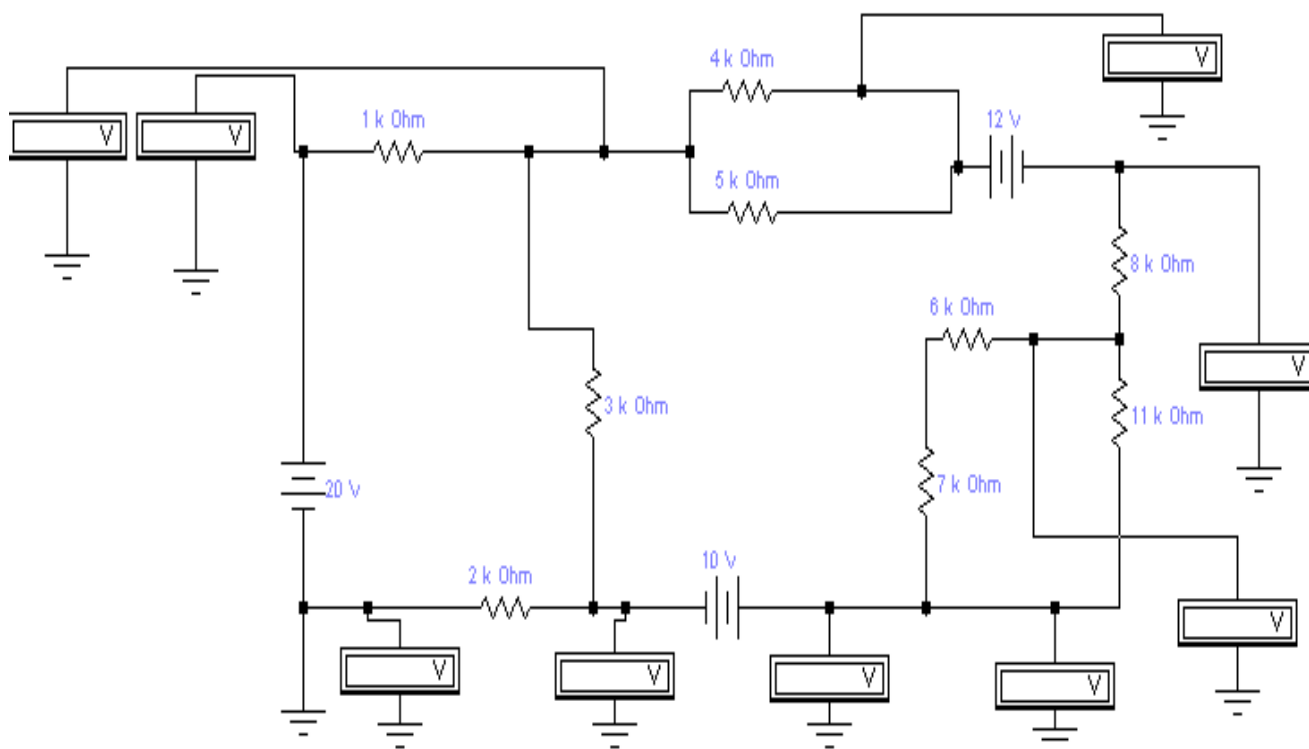


Рис. 28

### Задача 49.

Нарисовать схему токового зеркала и определить диапазон работоспособности схемы для следующих условий: задающий ток 8 мА, напряжение питания 10 В, коэффициент отражения 2.

### Задача 50.

Нарисовать схему усилителя с общим эмиттером и определить параметры элементов схемы для следующих условий: коэффициент усиления 20, напряжение питания схемы 12 В, ток покоя 2 мА.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТ (с вариантами)

### Практическая работа №1

#### Задание 1.

Для схемы на рисунке 1.1 определите значения согласно варианту задания (таблица 1):

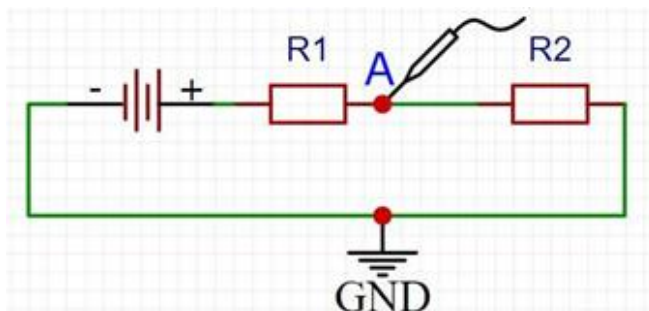


Рис. 1.1 Электрическая схема к заданию 1

Таблица 1

№	U, В	R1, Ом	R2, Ом	Необходимо найти	№	U, В	R1, Ом	R2, Ом	Необходимо найти
1	6	100	200	U1, I2	14	12	500	100	I1, U2
2	10	200	50	I1, U2	15	8	25	55	U1, I2
3	4	200	50	U1, I2	16	10	40	40	I1, U2
4	12	400	200	I1, U2	17	12	400	200	U1, I2
5	5	100	150	U1, I2	18	6	100	100	I1, U2
6	6	10	20	I1, U2	19	5	150	100	U1, I2
7	12	500	100	U1, I2	20	15	200	100	I1, U2
8	8	150	50	I1, U2	21	18	350	250	U1, I2
9	20	400	100	U1, I2	22	12	600	300	I1, U2
10	15	300	200	I1, U2	23	8	100	60	U1, I2
11	6	100	50	U1, I2	24	10	40	10	I1, U2
12	4	50	30	I1, U2	25	6	50	150	U1, I2
13	10	300	100	U1, I2					

#### Задание 2

Для схемы на рисунке 2.1 определите значения согласно варианту задания (таблица 2). Напряжения источников указаны относительно земли. Кроме того, во всех вариантах надо найти потенциал точки А относительно земли.

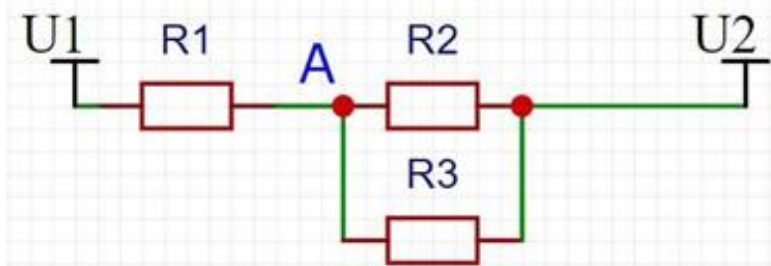


Рис. 2.1 Электрическая схема к заданию 2



№	U1, В	U2, В	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	Необходимо найти
1	6	-3	100	200	100	U1, I2
2	12	-4	200	50	150	I1, U3
3	10	2	200	50	25	U1, I3
4	-5	-10	400	200	300	I1, U2
5	-5	0	100	150	50	U2, I3
6	2	12	10	20	30	I2, U3
7	4	-1	500	100	100	U1, I2
8	0	-6	150	50	70	I1, U3
9	4	10	400	100	300	U1, I3
10	18	12	300	200	50	I1, U2
11	5	-5	100	50	350	U2, I3
12	6	-3	50	30	70	I2, U3
13	12	-4	300	100	400	U1, I2
14	10	2	500	100	300	I1, U3
15	-5	-10	25	55	45	U1, I3
16	-5	0	40	40	40	I1, U2
17	2	12	400	200	50	U2, I3
18	4	-1	100	100	30	I2, U3
19	0	-6	150	100	20	U1, I2
20	4	10	200	100	150	I1, U3
21	18	12	350	250	250	U1, I3
22	5	-5	600	300	100	I1, U2
23	11	1	100	60	40	U2, I3
24	1	11	40	10	90	I2, U3
25	0	-6	50	150	50	U1, I2

**Задание 3.**

Для схемы (рис. 3.1-3.4), указанной в варианте задания, определить искомые величины согласно варианту (тут придется вспомнить, что такое мощность) (таблица 3).  $VCC = 5В$ .

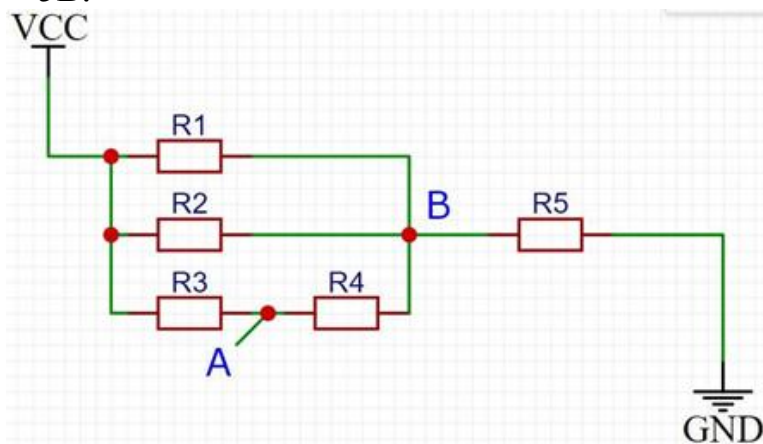


Рис. 3.1 Электрическая схема 1 к заданию 3

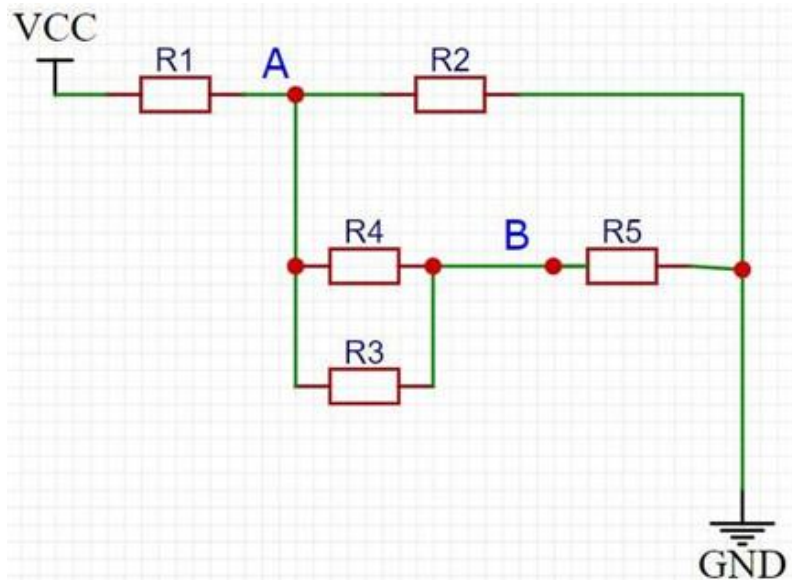


Рис. 3.2 Электрическая схема 2 к заданию 3

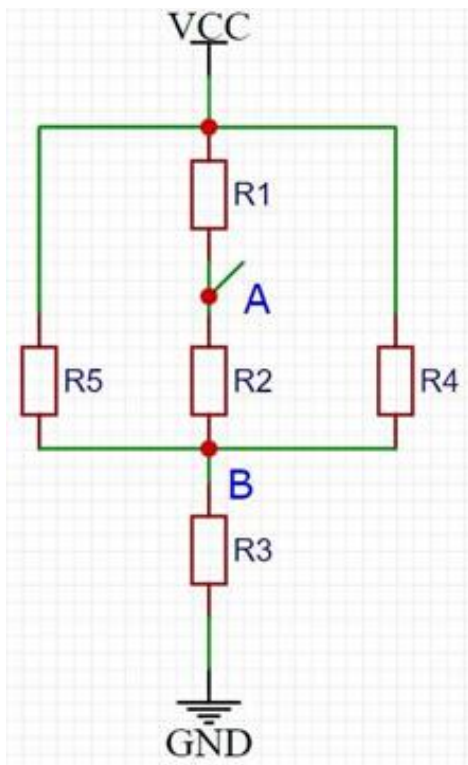


Рис. 3.3 Электрическая схема 3 к заданию 3

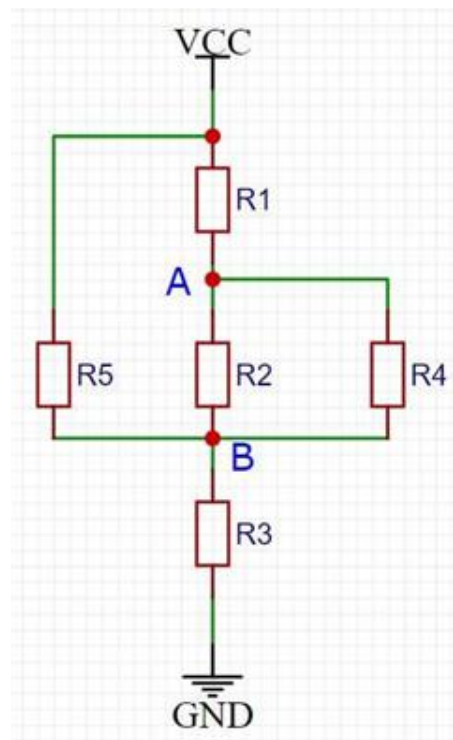


Рис. 3.4 Электрическая схема 4 к заданию 3

Таблица 3

№	Схема №	R1, кОм	R2, кОм	R3, кОм	R4, кОм	R5, кОм	Необходимо найти
1	1	1	1	2	2	4	U в точке А, мощность рассеиваемая на R1
2	2	5	2	5	3	2	U в точке В, мощность рассеиваемая на R3
3	3	3	1	3	5	5	U в точке В, мощность рассеиваемая на R2
4	4	4	8	8	4	1	U в точке А, мощность рассеиваемая на R4
5	1	1	6	1	3	1	U в точке А, мощность рассеиваемая на R5

№	Схема №	R1, кОм	R2, кОм	R3, кОм	R4, кОм	R5, кОм	Необходимо найти
6	2	1	4	2	2	8	U в точке В, мощность рассеиваемая на R4
7	3	2	4	2	2	4	U в точке В, мощность рассеиваемая на R3
8	4	2	3	3	3	3	U в точке А, мощность рассеиваемая на R2
9	1	6	3	4	4	1	U в точке А, мощность рассеиваемая на R1
10	2	10	1	1	2	1	U в точке В, мощность рассеиваемая на R2
11	3	12	1	2	12	2	U в точке В, мощность рассеиваемая на R1
12	4	1	2	1	1	2	U в точке А, мощность рассеиваемая на R3
13	1	4	4	8	8	1	U в точке А, мощность рассеиваемая на R4
14	2	8	4	2	1	2	U в точке В, мощность рассеиваемая на R5
15	3	5	1	5	1	8	U в точке В, мощность рассеиваемая на R1
16	4	2	4	1	4	8	U в точке А, мощность рассеиваемая на R4
17	1	2	2	5	2	5	U в точке А, мощность рассеиваемая на R3
18	2	5	1	1	1	1	U в точке В, мощность рассеиваемая на R2
19	3	5	3	5	5	1	U в точке В, мощность рассеиваемая на R1
20	4	8	2	8	4	2	U в точке А, мощность рассеиваемая на R3
21	1	10	5	2	2	2	U в точке В, мощность рассеиваемая на R2
22	2	12	1	6	1	12	U в точке А, мощность рассеиваемая на R4
23	3	1	2	1	7	1	U в точке В, мощность рассеиваемая на R5
24	4	2	1	2	2	4	U в точке А, мощность рассеиваемая на R1
25	2	4	4	10	12	4	U в точке В, мощность рассеиваемая на R5

#### Задание 4

Найти напряжение в точках А и В а также напряжение падающее на резисторе R4 и ток, протекающий через него. Схема (рис. 4.1-4.3) согласно варианту задания (таблица 4). Сопротивление резистора R4 = R5

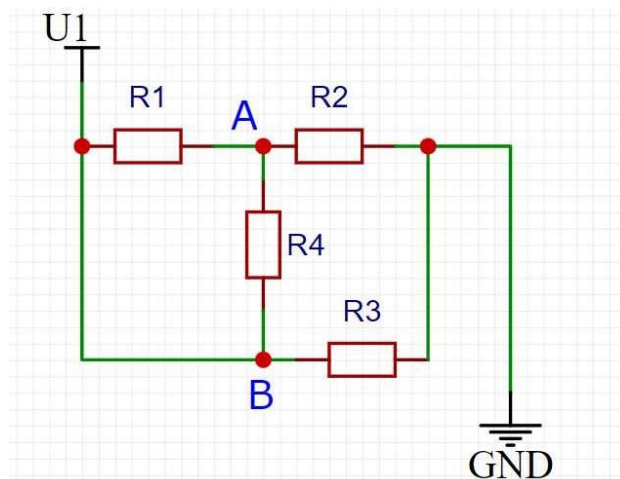


Рис. 4.1 Электрическая схема 1 к заданию 4

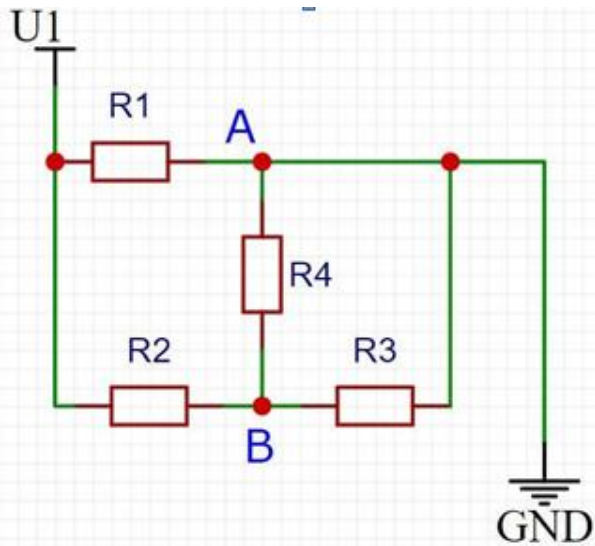


Рис. 4.2 Электрическая схема 2 к заданию 4

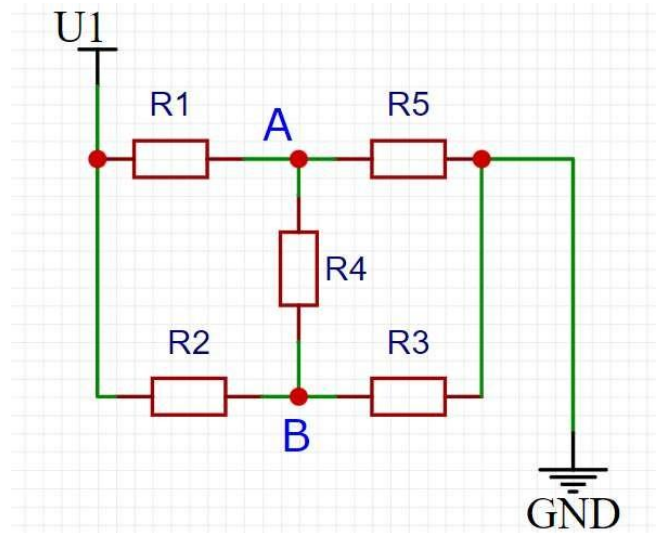


Рис. 4.3 Электрическая схема 3 к заданию 4

Таблица 4

№	Схема №	R1,кОм	R2,кОм	R3,кОм	R4,кОм	U1, В
1	1	1	2	3	4	6
2	2	4	2	2	2	12
3	3	1	2	2	1	5
4	1	4	2	1	3	12
5	2	8	2	1	3	6
6	3	4	2	4	4	12
7	1	2	1	1,5	3	5
8	2	3	2	4	1	12
9	3	3	1	1	1	6
10	3	6	2	0,5	6	5
11	2	5	2	3	3	10
12	1	2	0,5	2	2	5
13	3	0,5	3	1	1,5	12
14	2	6	1	2	3	18
15	1	12	12	6	6	6
16	3	10	1	3	6	8
17	2	1	1	1	1	5
18	1	2	0,5	1	4	10
19	2	6	1	2	3	12
20	1	2	1	3	2	12
21	3	3	1	2	1	6
22	2	10	10	5	5	5
23	1	5	2	2	2	10
24	3	3	5	5	2	15
25	3	4	2	2	4	8

### Задание 5

Найти токи и напряжения на всех элементах цепи ( $U_1 - U_7$ ,  $I_1 - I_7$ ). Все резисторы имеют одинаковое сопротивление  $R$ , величины и схему (рис. 5.1-5.4) выбираем согласно варианту задания (таблица 5).  $VCC = 12\text{ В}$ .

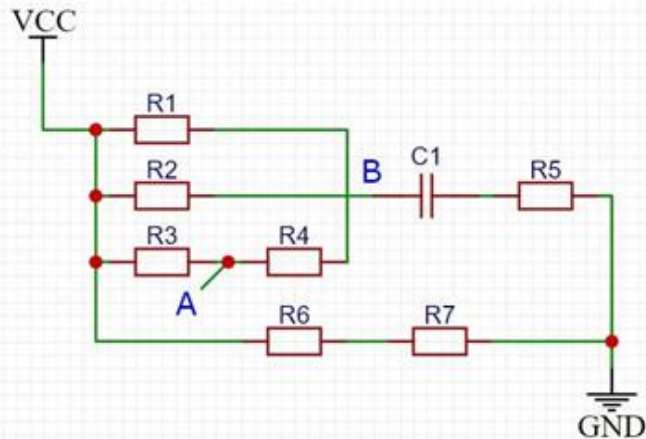


Рис. 5.1 Электрическая схема 1 к заданию 5

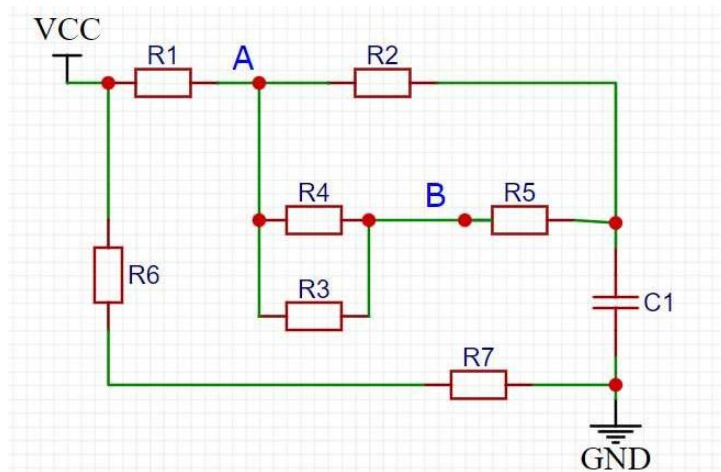


Рис. 5.2 Электрическая схема 2 к заданию 5

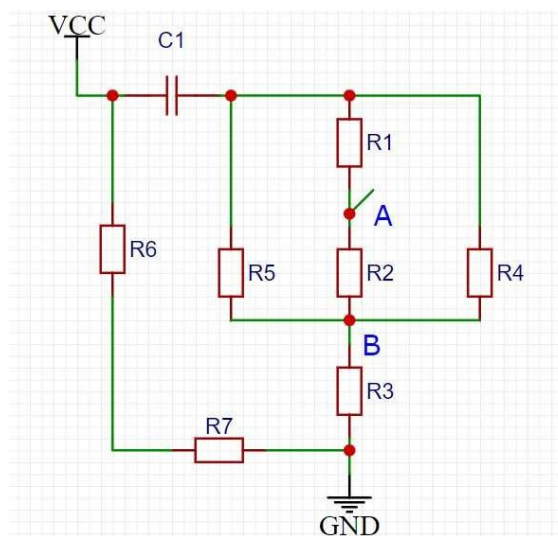


Рис. 5.3 Электрическая схема 3 к заданию 5

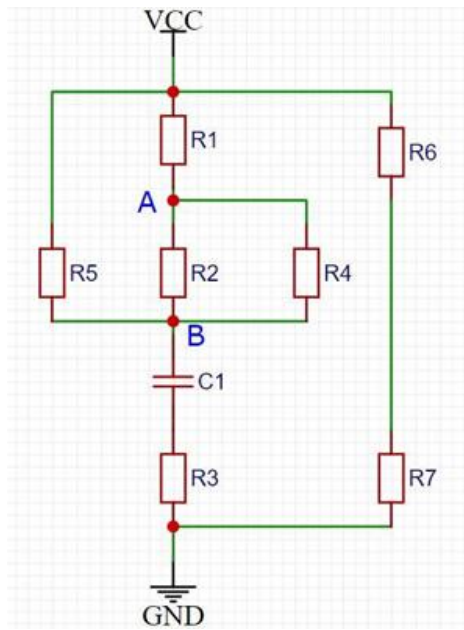


Рис. 5.4 Электрическая схема 4 к заданию 5

Таблица 5

№	Схема №	R,кОм	C1,мкФ	№	Схема №	R,кОм	C1,мкФ
1	2	1	1	14	3	8	4
2	3	5	2	15	4	5	1
3	4	3	1	16	1	2	4
4	1	4	8	17	2	2	2
5	2	1	6	18	3	5	1
6	3	1	4	19	4	5	3
7	4	2	4	20	1	8	2
8	1	2	3	21	2	10	5
9	2	6	3	22	3	12	1
10	3	10	1	23	4	1	2
11	4	12	1	24	1	2	1
12	1	1	2	25	2	4	4
13	2	4	4				

## Практическая работа №2

### Задание 1

К цепи, состоящей из последовательно соединенных резистора и конденсатора, приложено напряжение, изменяющееся по периодическому закону как показано на рисунке 1.1 с амплитудой и периодом в соответствии с вариантом задания. Нарисовать форму выходного напряжения и определить постоянную времени, если сопротивление резистора 1 кОм, емкость конденсатора выбрана согласно варианту задания (таблица 1).

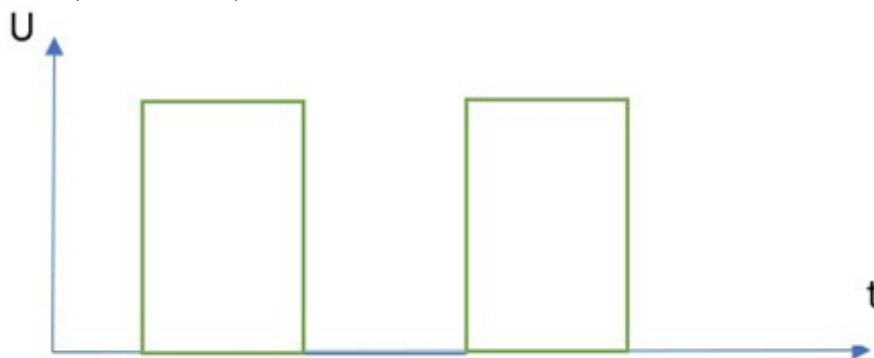


Рис. 1.1 Закон изменения напряжения к заданию 1

Таблица 1

№	U <sub>max</sub> , В	T, мс	C, мкФ	№	U <sub>max</sub> , В	T, мс	C, мкФ
1	6	100	200	14	12	500	100
2	10	200	50	15	8	25	55
3	4	200	50	16	10	40	40
4	12	400	200	17	12	400	200
5	5	100	150	18	6	100	100
6	6	10	20	19	5	150	100
7	12	500	100	20	15	200	100
8	8	150	50	21	18	350	250
9	20	400	100	22	12	600	300
10	15	300	200	23	8	100	60
11	6	100	50	24	10	40	10
12	4	50	30	25	6	50	150
13	10	300	100				

### Задание 2

Необходимо разработать схему для измерения температуры помещения. В качестве измерителя используем терморезистор, у которого сопротивление линейно зависит от температуры согласно графику, указанному в варианте задания. Выходным значением должно быть напряжение, линейно зависящее от температуры согласно графику (рис. 2.1-2.4), указанному в варианте задания. Диапазон измеряемых температур, соответствующих им сопротивлений и требуемых напряжений – согласно варианту задания (таблица 2).



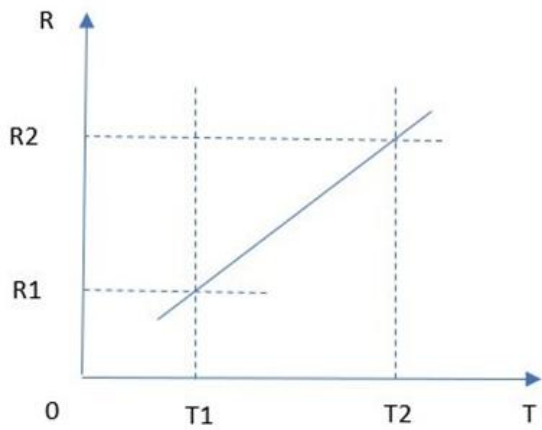


Рис. 2.1 Зависимость сопротивления от температуры (задание 2)

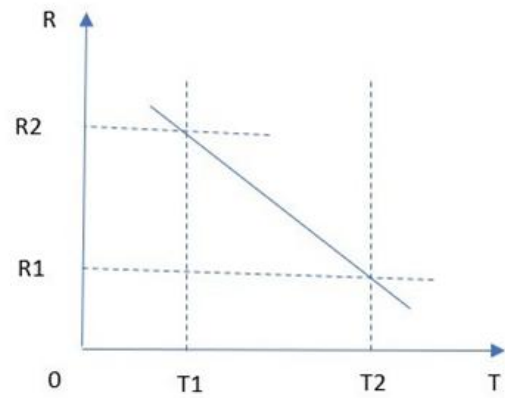


Рис. 2.2 Зависимость сопротивления от температуры (задание 2)

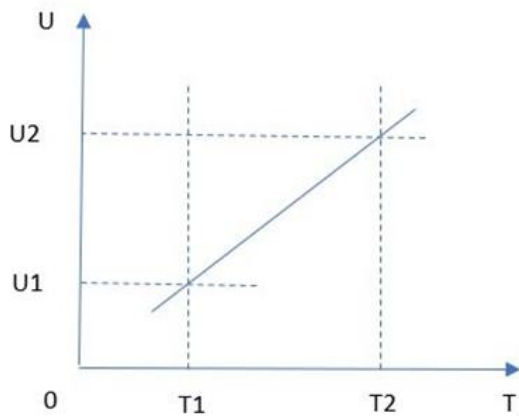


Рис. 2.3 Зависимость выходного напряжения от температуры (задание 2)

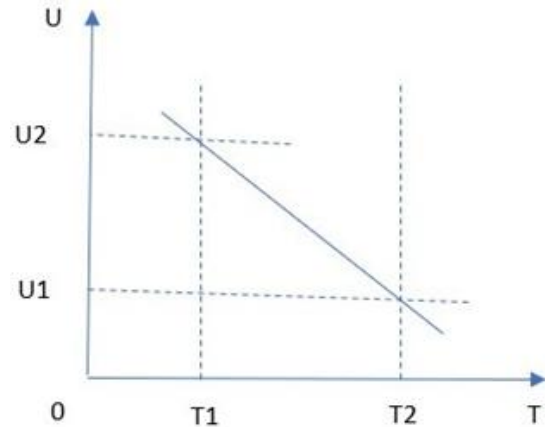


Рис. 2.4 Зависимость выходного напряжения от температуры (задание 2)

Таблица 2

№	R(T), рис.	U(T), рис.	R1-R2, кОм	T1-T2, °C	U1-U2, В	№	R(T), рис.	U(T), рис.	R1-R2, кОм	T1-T2, °C	U1-U2, В
1	1	3	10-15	20-30	1-2	14	1	4	1-4	15-30	4-5
2	1	4	2-3	30-40	2-3	15	2	3	2-5	10-25	1-3
3	2	3	3-6	40-50	3-4	16	1	4	10-15	20-30	1-2
4	2	4	10-20	15-30	4-5	17	1	3	2-4	30-40	2-3
5	1	3	12-14	10-25	1-3	18	1	4	6-8	40-50	3-4
6	1	4	5-20	20-30	1-2	19	2	3	10-15	15-30	4-5
7	2	3	1-9	30-40	2-3	20	2	4	10-20	10-25	1-3
8	2	4	2-5	40-50	3-4	21	1	3	12-18	20-30	1-2
9	1	3	1-4	15-30	4-5	22	1	4	2-5	30-40	2-3
10	1	4	2-10	10-25	1-3	23	2	3	2-4	40-50	3-4
11	2	3	5-15	20-30	1-2	24	2	4	1-4	15-30	4-5
12	2	4	2-12	30-40	2-3	25	1	3	5-10	10-25	1-3
13	1	3	6-12	40-50	3-4						

### Задание 3.

Определить напряжение в точке А (рис. 3.1-3.3), а также ток и падение напряжения на элементах согласно варианту задания (таблица 3).  $R_1 = R_2 = R_7$ ,  $R_3 = R_4$ ,  $R_5 = R_6$ .

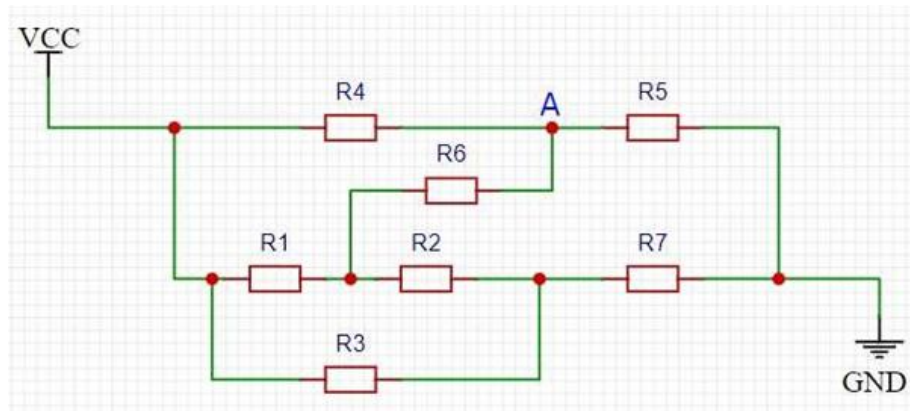


Рис. 3.1 Электрическая схема 1 к заданию 3

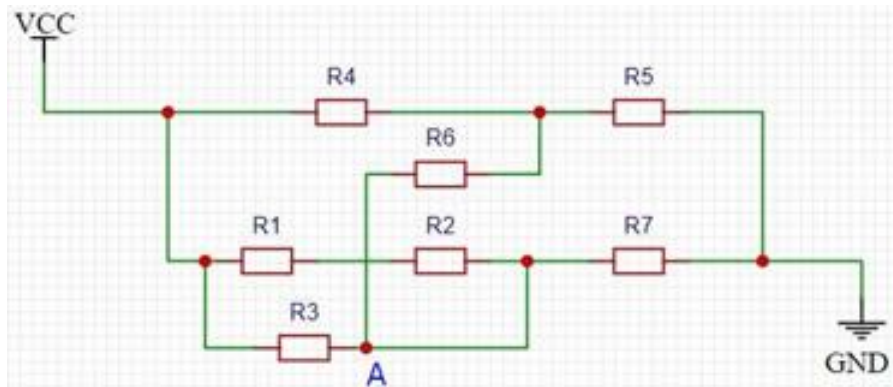


Рис. 3.2 Электрическая схема 2 к заданию 3

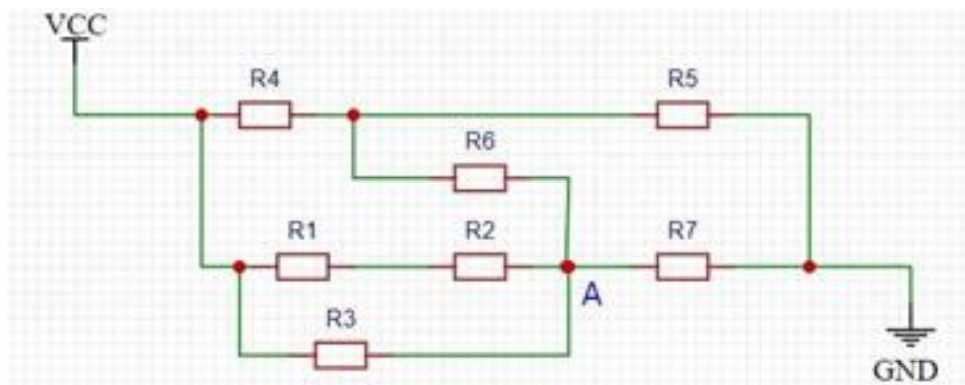


Рис. 3.3 Электрическая схема 3 к заданию 3

№	Схема №	VCC, В	R1, кОм	R3, кОм	R5, кОм	Необходимо найти
1	1	5	1	2	4	мощность рассеиваемая на R1 и R6
2	2	5	2	5	2	мощность рассеиваемая на R2 и R6
3	3	6	1	3	5	мощность рассеиваемая на R3 и R6
4	2	4	8	8	1	мощность рассеиваемая на R4 и R6
5	1	10	6	1	1	мощность рассеиваемая на R5 и R6
6	3	12	4	2	8	мощность рассеиваемая на R7 и R6
7	2	20	4	2	4	мощность рассеиваемая на R2 и R6
8	3	15	3	3	3	мощность рассеиваемая на R3 и R6
9	1	6	3	4	1	мощность рассеиваемая на R1 и R6
10	3	10	1	1	1	мощность рассеиваемая на R4 и R6
11	2	12	1	2	2	мощность рассеиваемая на R7 и R6
12	1	5	2	1	2	мощность рассеиваемая на R5 и R6
13	3	10	4	8	1	мощность рассеиваемая на R1 и R6
14	1	8	4	2	2	мощность рассеиваемая на R2 и R6
15	2	5	1	5	8	мощность рассеиваемая на R4 и R6
16	1	12	4	1	8	мощность рассеиваемая на R3 и R6
17	3	20	2	5	5	мощность рассеиваемая на R5 и R6
18	2	5	1	1	1	мощность рассеиваемая на R1 и R6
19	2	5	3	5	1	мощность рассеиваемая на R7 и R6
20	1	8	2	8	2	мощность рассеиваемая на R3 и R6
21	3	10	5	2	2	мощность рассеиваемая на R4 и R6
22	3	12	1	6	12	мощность рассеиваемая на R5 и R6
23	1	10	2	1	1	мощность рассеиваемая на R2 и R6
24	2	6	1	2	4	мощность рассеиваемая на R1 и R6
25	2	5	4	10	4	мощность рассеиваемая на R1 и R6

**Задание 4.**

Определить эквивалентную емкость цепи (рис. 4.1-4.4) согласно варианту задания (таблица 4). ( $C_6=C_3$ ).

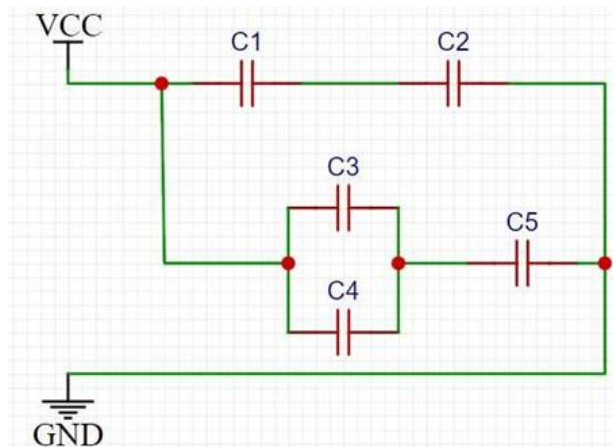


Рис. 4.1 Электрическая схема 1 к заданию 4

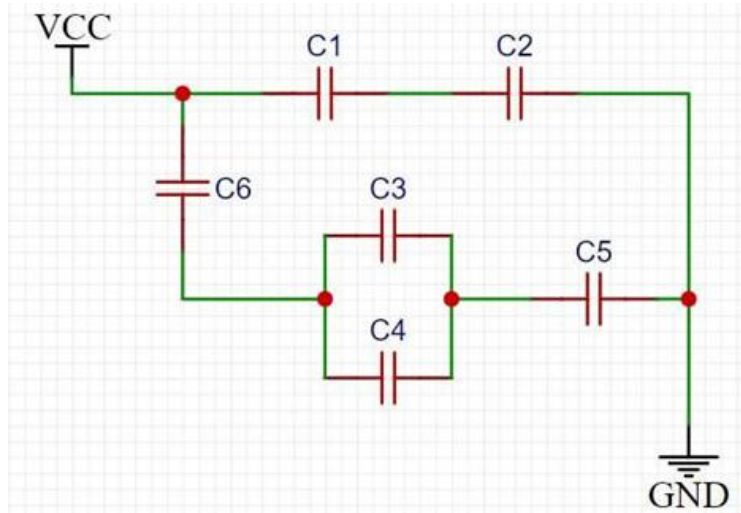


Рис. 4.2 Электрическая схема 2 к заданию 4

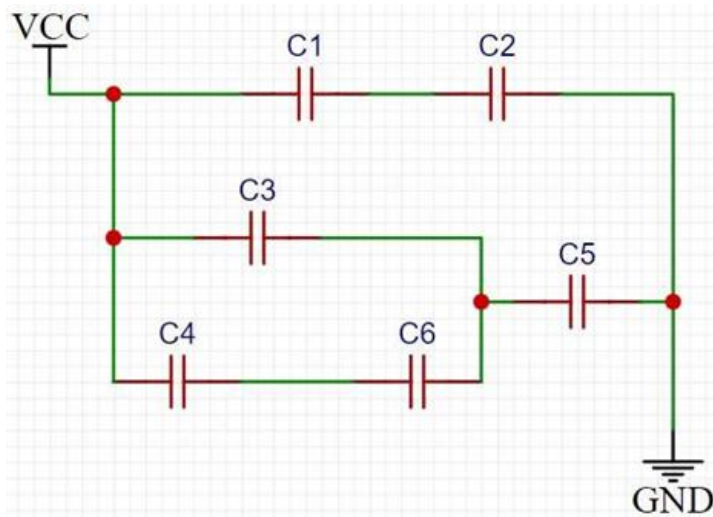


Рис. 4.3 Электрическая схема 3 к заданию 4

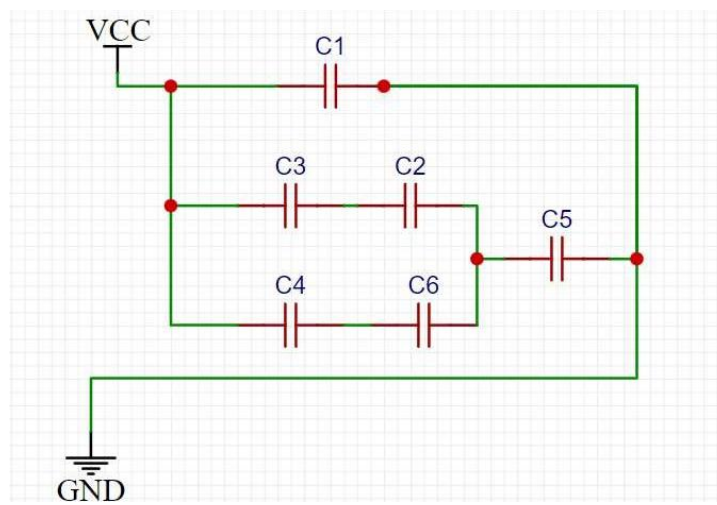


Рис. 4.4 Электрическая схема 4 к заданию 4

Таблица 4

№	Схема №	C1,мкФ	C2,мкФ	C3,мкФ	C4,мкФ	C5,мкФ
1	1	1	1	2	2	4
2	2	5	2	5	3	2
3	3	3	1	3	5	5
4	4	4	8	8	4	1
5	3	1	6	1	3	1
6	4	1	4	2	2	8
7	2	2	4	2	2	4
8	1	2	3	3	3	3
9	4	6	3	4	4	1
10	3	10	1	1	2	1
11	2	12	1	2	12	2
12	1	1	2	1	1	2
13	2	4	4	8	8	1
14	3	8	4	2	1	2
15	1	5	1	5	1	8
16	4	2	4	1	4	8
17	3	2	2	5	2	5
18	2	5	1	1	1	1
19	4	5	3	5	5	1
20	1	8	2	8	4	2
21	1	10	5	2	2	2
22	2	12	1	6	1	12
23	3	1	2	1	7	1
24	4	2	1	2	2	4
25	3	4	4	10	12	4

**Задание 5.**

Определить эквивалентную индуктивность цепи (рис. 5.1-5.4) согласно варианту задания (таблица 5) .  $L_6 = L_2$ .

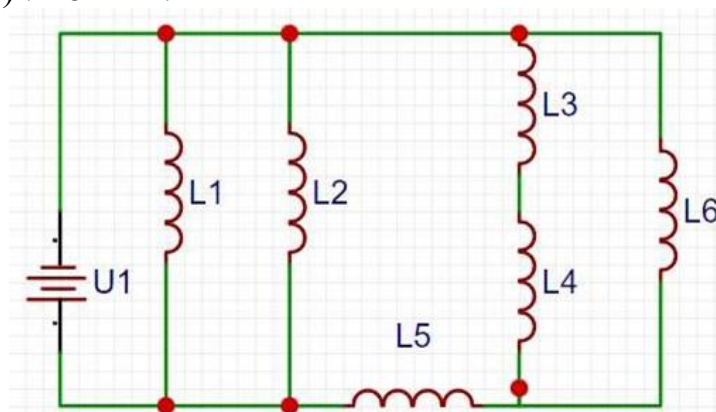


Рис. 5.1 Электрическая схема 1 к заданию 5

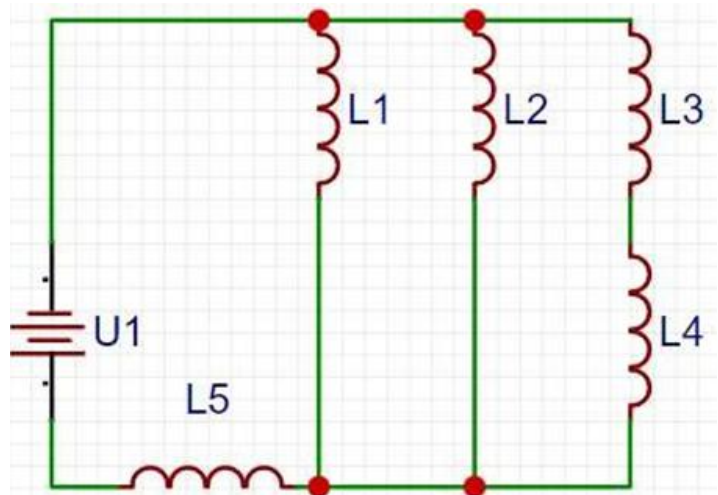


Рис. 5.2 Электрическая схема 2 к заданию 5

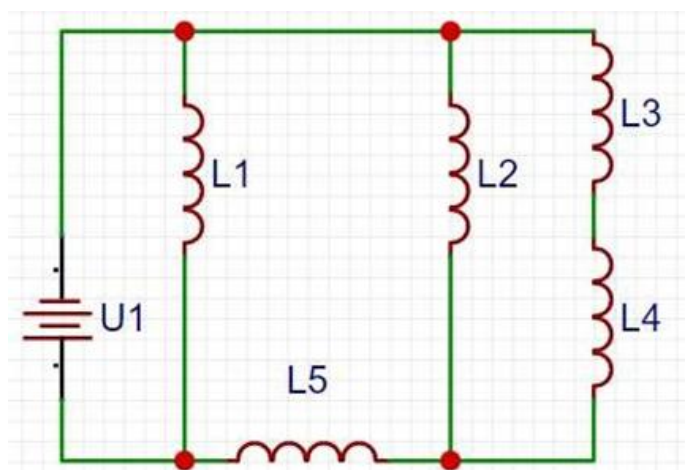


Рис. 5.3 Электрическая схема 3 к заданию 5

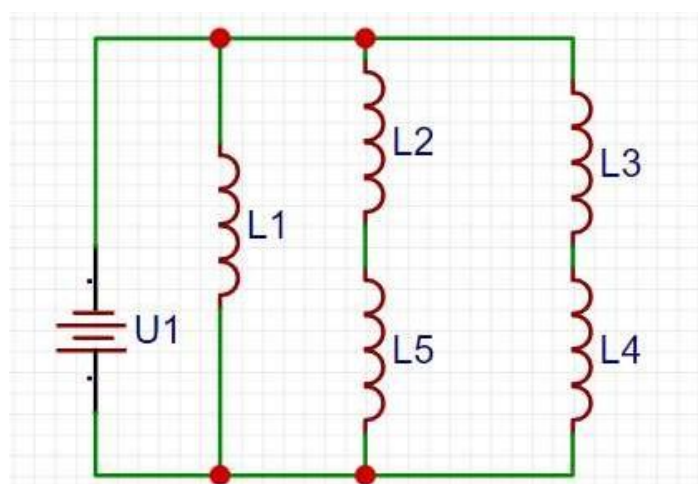


Рис. 5.4 Электрическая схема 4 к заданию 5



№	Схема №	L1,мТл	L2,мТл	L3,мТл	L4,мТл	L5,мТл
1	1	1	1	2	2	4
2	2	5	2	5	3	2
3	3	3	1	3	5	5
4	4	4	8	8	4	1
5	3	1	6	1	3	1
6	4	1	4	2	2	8
7	2	2	4	2	2	4
8	1	2	3	3	3	3
9	4	6	3	4	4	1
10	3	10	1	1	2	1
11	2	12	1	2	12	2
12	1	1	2	1	1	2
13	2	4	4	8	8	1
14	3	8	4	2	1	2
15	1	5	1	5	1	8
16	4	2	4	1	4	8
17	3	2	2	5	2	5
18	2	5	1	1	1	1
19	4	5	3	5	5	1
20	1	8	2	8	4	2
21	1	10	5	2	2	2
22	2	12	1	6	1	12
23	3	1	2	1	7	1
24	4	2	1	2	2	4
25	3	4	4	10	12	4

**Задание 6.**

Определить токи и падения напряжения для всех элементов схемы (рис. 6.1 -6.4) , сопротивления резисторов и напряжения источников согласно варианту задания (таблица 6).

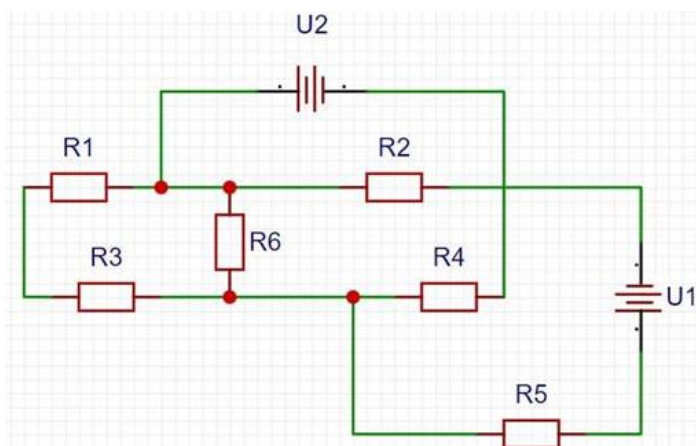


Рис. 6.1 Электрическая схема 1 к заданию 6



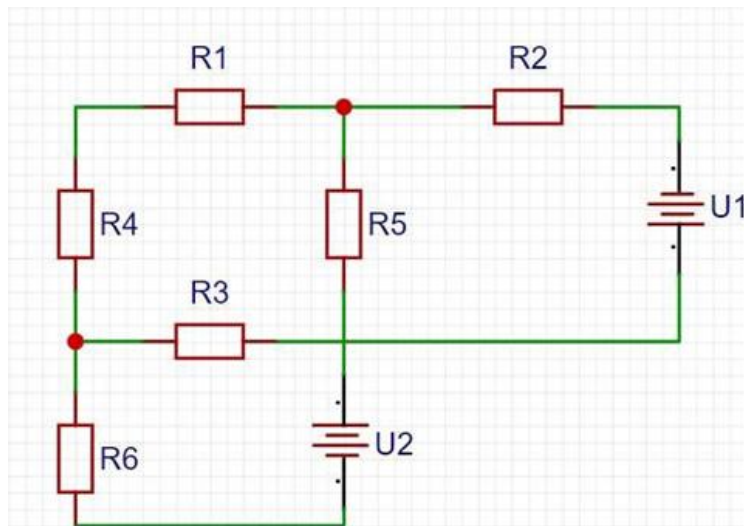


Рис. 6.2 Электрическая схема 2 к заданию 6

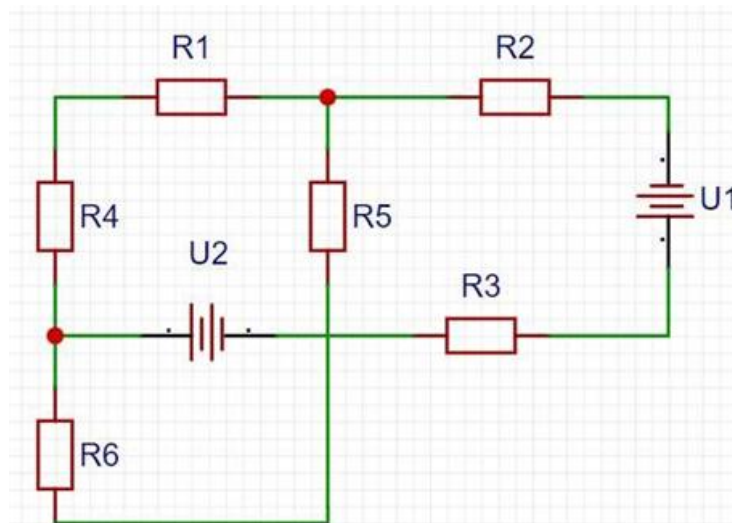


Рис. 6.3 Электрическая схема 3 к заданию 6

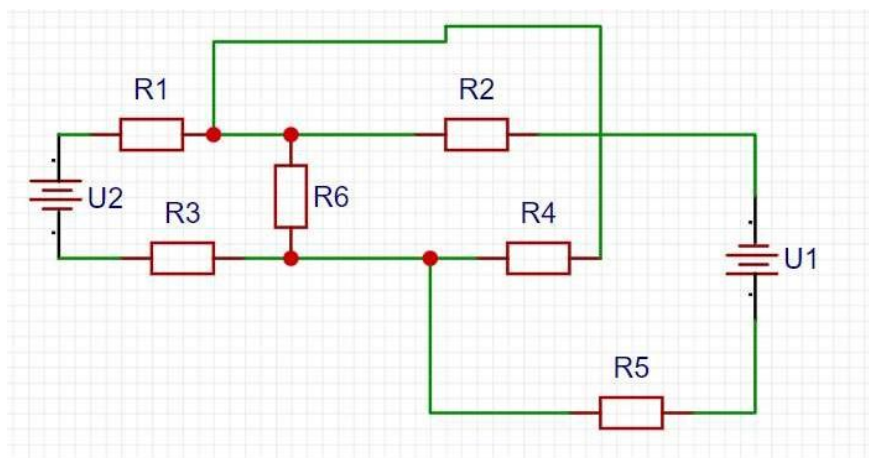


Рис. 6.4 Электрическая схема 4 к заданию 6

Таблица 6

№	Схема №	U1, В	U2, В	R1,кОм	R2,кОм	R3,кОм	R4,кОм	R5,кОм	R6,кОм
1	1	5	2	1	1	2	2	4	1
2	3	-2	3	5	2	5	3	2	2
3	2	4	1	3	1	3	5	5	10
4	4	6	6	4	8	8	4	1	5
5	1	5	-8	1	6	1	3	1	4
6	3	3	4	1	4	2	2	8	2
7	2	-8	5	2	4	2	2	4	10
8	4	10	2	2	3	3	3	3	5
9	4	12	1	6	3	4	4	1	4
10	1	3	-4	10	1	1	2	1	2
11	3	4	2	12	1	2	12	2	4
12	2	6	10	1	2	1	1	2	2
13	4	8	8	4	4	8	8	1	5
14	3	5	6	8	4	2	1	2	8
15	2	-3	5	5	1	5	1	8	10
16	1	-2	3	2	4	1	4	8	1
17	1	1	4	2	2	5	2	5	2
18	2	8	10	5	1	1	1	1	3
19	3	6	1	5	3	5	5	1	5
20	4	4	-9	8	2	8	4	2	2
21	3	2	6	10	5	2	2	2	4
22	2	-8	2	12	1	6	1	12	1
23	1	9	5	1	2	1	7	1	1
24	4	1	-4	2	1	2	2	4	8
25	1	2	3	4	4	10	12	4	2

## Практическая работа №3

### Задание 1.

Определите ток коллектора, напряжение коллектор-эмиттер и сопротивление перехода коллектор-эмиттер для изображенной схемы (рис. 1.1). Значение напряжений и сопротивления резисторов выбираем согласно варианту задания (таблица 1).

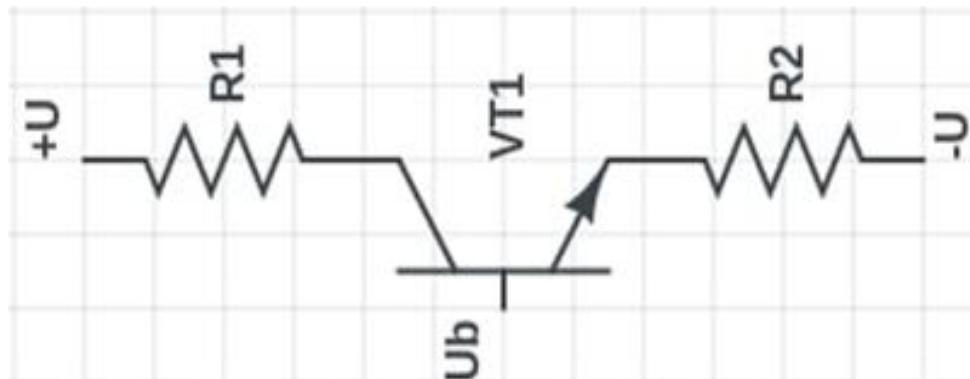


Рис.1.1 Исследуемая схема

Таблица 1

вариант	+U, В	-U, В	Ub, В	R1, кОм	R2, кОм	вариант	+U, В	-U, В	Ub, В	R1, кОм	R2, кОм
1	5	-5	1,6	1	2	14	10	5	7,6	1	8
2	5	0	2,6	2	4	15	10	0	4,6	1	4
3	10	-10	1,6	2	3	16	5	-5	1,6	3	2
4	10	5	7,6	1	4	17	5	0	2,6	8	4
5	10	0	4,6	2	4	18	10	-10	1,6	10	3
6	5	-5	1,6	6	2	19	10	5	7,6	15	4
7	5	0	2,6	8	4	20	10	0	4,6	10	4
8	10	-10	1,6	10	3	21	5	-5	1,6	2	4
9	10	5	7,6	12	4	22	5	0	2,6	4	8
10	10	0	4,6	8	4	23	10	-10	1,6	3	6
11	5	-5	1,6	1	4	24	10	5	7,6	2	8
12	5	0	2,6	2	8	25	5	-5	2,6	1	7
13	10	-10	1,6	2	6						

### Задание 2.

Определите ток коллектора, напряжение коллектор-эмиттер и сопротивление перехода коллектор-эмиттер для изображенной схемы (рис. 2.1). Значение напряжений и сопротивления резисторов выбираем согласно варианту задания.

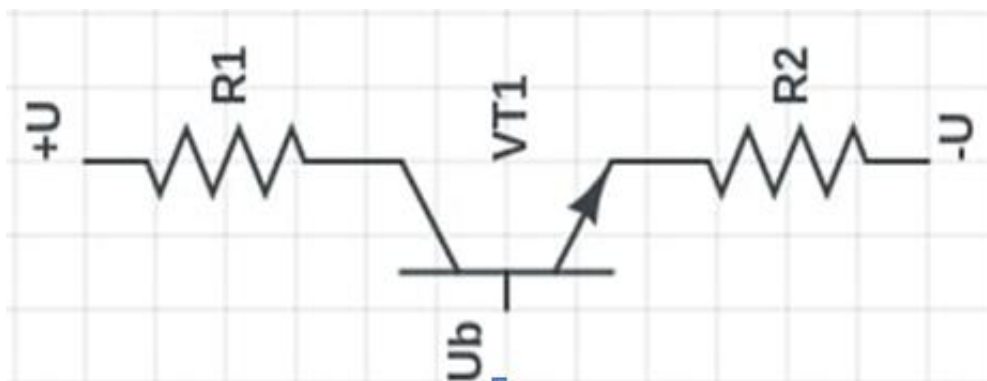


Рис. 2.1. Исследуемая схема

Таблица 2

вариант	+U, В	-U, В	Ub, В	R1, кОм	R2, кОм	вариант	+U, В	-U, В	Ub, В	R1, кОм	R2, кОм
1	5	-5	1,6	6	2	14	10	5	7,6	15	4
2	5	0	2,6	8	4	15	10	0	4,6	10	4
3	10	-10	1,6	10	3	16	5	-5	1,6	4	4
4	10	5	7,6	12	4	17	5	0	2,6	1	8
5	10	0	4,6	8	4	18	10	-10	1,6	2	6
6	5	-5	1,6	1	2	19	10	5	7,6	2	8
7	5	0	2,6	2	4	20	10	0	4,6	6	2
8	10	-10	1,6	2	3	21	5	-5	1,6	10	4
9	10	5	7,6	1	4	22	5	0	2,6	7	3
10	10	0	4,6	2	4	23	10	-10	1,6	12	4
11	5	-5	1,6	3	2	24	10	5	7,6	12	4
12	5	0	2,6	8	4	25	5	-5	2,6	5	2
13	10	-10	1,6	10	3						

### Задание 3.

Определите ток коллектора, напряжение коллектор-эмиттер и сопротивление перехода коллектор-эмиттер для изображенной схемы (рис. 3.1). Значение напряжений и сопротивления резисторов выбираем согласно варианту задания (таблица 3).

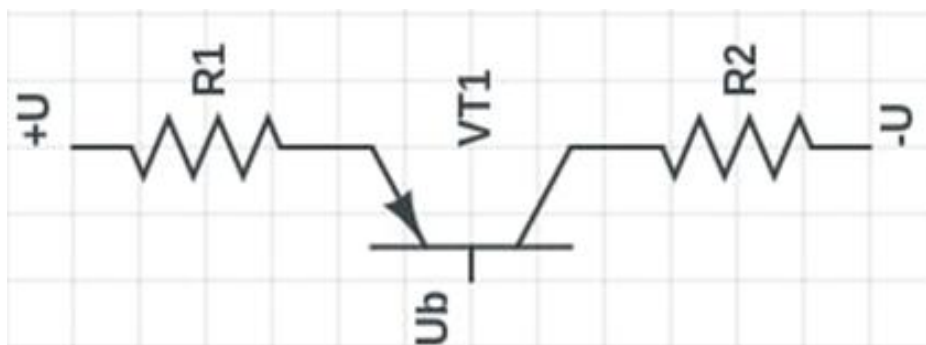


Рис. 3.1 Исследуемая схема

Таблица 3

вариант	+U, В	-U, В	Ub, В	R1, кОм	R2, кОм	вариант	+U, В	-U, В	Ub, В	R1, кОм	R2, кОм
1	5	-5	0,4	6	2	14	10	5	6,4	15	4
2	5	0	2,4	8	4	15	10	0	3,4	10	4
3	10	-10	1,4	10	3	16	5	-5	0,4	4	4
4	10	5	6,4	12	4	17	5	0	2,4	1	8
5	10	0	3,4	8	4	18	10	-10	1,4	2	6
6	5	-5	0,4	1	2	19	10	5	6,4	2	8
7	5	0	2,4	2	4	20	10	0	3,4	6	2
8	10	-10	1,4	2	3	21	5	-5	0,4	10	4
9	10	5	6,4	1	4	22	5	0	2,4	7	3
10	10	0	3,4	2	4	23	10	-10	1,4	12	4
11	5	-5	0,4	3	2	24	10	5	6,4	12	4
12	5	0	2,4	8	4	25	5	-5	2,4	5	2
13	10	-10	1,4	10	3						

#### Задание 4.

Определите ток коллектора, напряжение коллектор-эмиттер и сопротивление перехода коллектор-эмиттер для изображенной схемы (рис. 4.1). Значение напряжений и сопротивления резисторов выбираем согласно варианту задания (таблица 4).

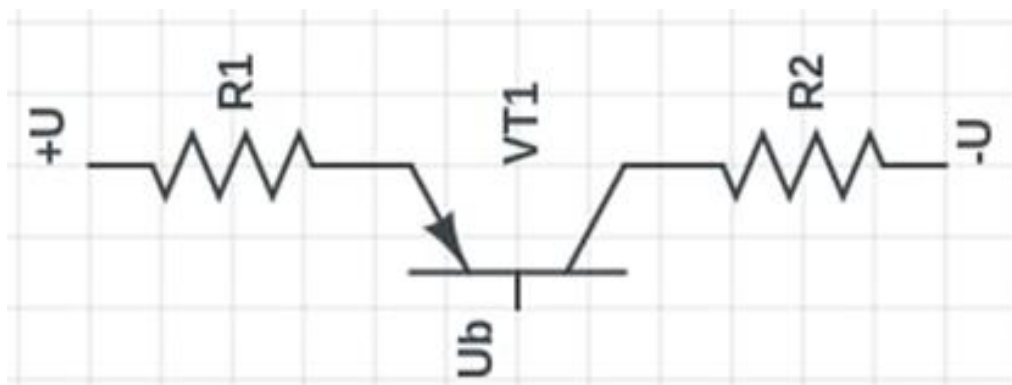


Рис. 4.1 Исходная схема

Таблица 4

вариант	+U, В	-U, В	Ub, В	R1, кОм	R2, кОм	вариант	+U, В	-U, В	Ub, В	R1, кОм	R2, кОм
1	0	-5	-2,6	1	2	14	-5	-10	-7,6	1	8
2	5	-5	-1,6	2	4	15	0	-10	-4,6	1	4
3	10	-10	-0,6	2	3	16	0	-5	-2,6	3	2
4	-5	-10	-7,6	1	4	17	5	-5	-1,6	8	4
5	0	-10	-4,6	2	4	18	10	-10	-0,6	10	3
6	0	-5	-2,6	6	2	19	-5	-10	-7,6	15	4
7	5	-5	-1,6	8	4	20	0	-10	-4,6	10	4
8	10	-10	-0,6	10	3	21	0	-5	-2,6	2	4
9	-5	-10	-7,6	12	4	22	5	-5	-1,6	4	8
10	0	-10	-4,6	8	4	23	10	-10	-0,6	3	6
11	0	-5	-2,6	1	4	24	-5	-10	-7,6	2	8
12	5	-5	-1,6	2	8	25	0	-10	-4,6	1	7
13	10	-10	-0,6	2	6						

## Практическая работа №4

### Задание 1.

Разработать ключевую транзисторную схему для включения лампочки. Доступно напряжение питания 12 В. Ток, необходимый для включения, сопротивление лампочки см. в таблице 1 согласно варианту. Резисторы доступны любые.

Таблица 1

Вариант	Ток, мА	Сопротивление, Ом	Вариант	Ток, мА	Сопротивление, Ом
1	100	80	14	300	25
2	200	30	15	200	50
3	300	10	16	100	65
4	200	20	17	300	20
5	100	100	18	400	10
6	400	20	19	200	35
7	100	70	20	100	45
8	200	30	21	100	55
9	300	30	22	200	45
10	400	15	23	300	20
11	300	25	24	200	15
12	200	25	25	100	45
13	100	70			

### Задание 2.

Разработать схему источника тока, требуемый ток и рабочий диапазон заданы в таблице 2. Определить минимальное необходимое напряжение питания для схемы.

Таблица 2

Вариант	Ток, мА	Сопротивление, Ом	Вариант	Ток, мА	Сопротивление, Ом
1	10	80 - 300	14	30	25 - 500
2	20	30 - 1000	15	20	50 - 800
3	30	10 - 500	16	10	65 - 1200
4	20	20 - 800	17	30	20 - 800
5	10	100 - 2000	18	40	10 - 500
6	40	20 - 1500	19	20	35 - 700
7	10	70 - 700	20	10	45 - 450
8	20	30 - 900	21	10	55 - 1500
9	30	30 - 1200	22	20	45 - 900
10	40	15 - 900	23	30	20 - 800
11	30	25 - 1000	24	20	15 - 1000
12	20	25 - 1200	25	10	45 - 1000
13	10	70 - 300			



**Задание 3.**

Разработать схему усилителя с общим эмиттером с заданным коэффициентом усиления и амплитудой входного сигнала (сигнал синусоидальный) согласно варианту задания (таблица 3). Подобрать минимальное достаточное напряжение питания. Ток покоя — 10 мА (но можете задать свой)

Таблица 3

Вариант	Коэфф. усиления	Амплитуда входного сигнала, В.	Вариант	Коэфф. усиления	Амплитуда входного сигнала, В.
1	5	0,1	12	3	0,4
2	4	0,5	13	6	0,1
3	8	0,2	14	5	0,2
4	2	0,4	15	8	0,12
5	12	0,05	16	7	0,1
6	3	0,4	17	9	0,04
7	6	0,2	18	10	0,05
8	8	0,1	19	12	0,03
9	10	0,1	20	4	0,25
10	9	0,05	21	6	0,1
11	4	0,3			

## Практическая работа №5

### Задание 1.

Определить неизвестную величину согласно варианту задания (таблица 1), рисунок 1.1.

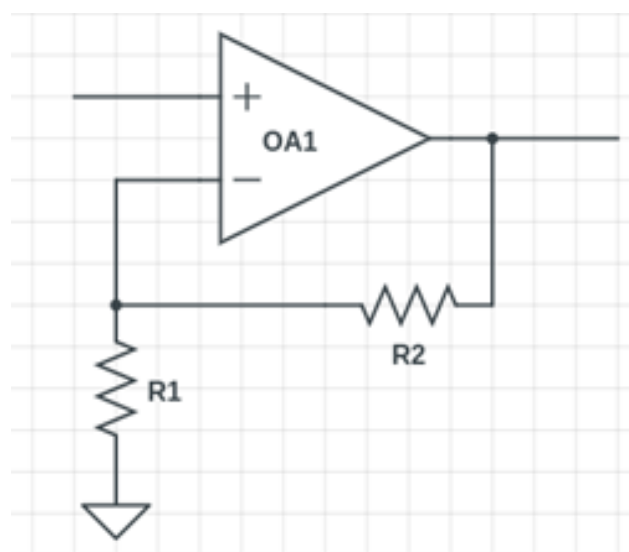


Рис. 1.1 Схема усилителя

Таблица 1

вариант	U <sub>вх</sub> , В	U <sub>вых</sub> , В	R1, кОм	R2, кОм	вариант	U <sub>вх</sub> , В	U <sub>вых</sub> , В	R1, кОм	R2, кОм
1	?	8	1	2	14	2	5	?	8
2	2	8	?	4	15	1	6	1	?
3	1	4	2	?	16	?	9	3	2
4	?	12	1	4	17	1	7	?	4
5	2	5	?	4	18	3	12	10	?
6	3	12	6	?	19	?	5	15	4
7	?	10	8	4	20	1	6	?	4
8	2	7	?	3	21	2	8	2	?
9	2	12	12	?	22	?	10	4	8
10	?	14	6	4	23	1	9	?	6
11	2	10	?	4	24	1	5	2	?
12	3	9	2	?	25	?	12	1	7
13	?	8	2	6					

### Задание 2.

Подберите сопротивления резисторов, чтобы получить на выходе зависимость согласно варианту задания (рис. 2.1). Значение напряжений и сопротивления резисторов выбираем согласно варианту задания (таблица 2).

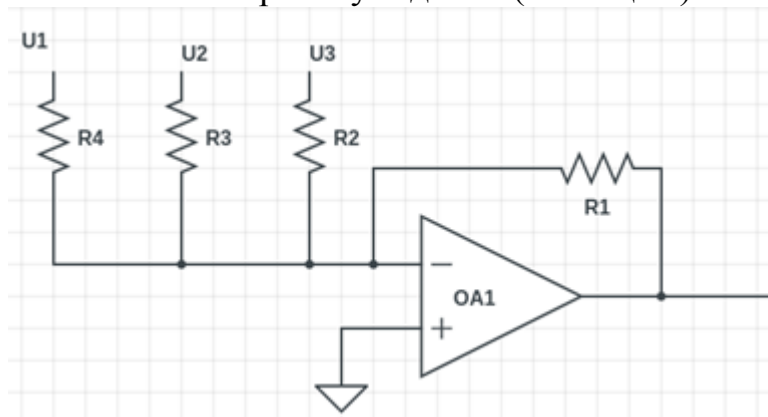


Рис. 2.1 Исходная схема

Таблица 2

вариант	U1, В	U2, В	U3, В	Uвых, В	вариант	U1, В	U2, В	U3, В	Uвых, В
1	5	-5	1,6	6	14	10	5	7,6	15
2	5	0	2,6	8	15	10	0	4,6	10
3	10	-10	1,6	10	16	5	-5	1,6	4
4	10	5	7,6	12	17	5	0	2,6	1
5	10	0	4,6	8	18	10	-10	1,6	2
6	5	-5	1,6	1	19	10	5	7,6	2
7	5	0	2,6	2	20	10	0	4,6	6
8	10	-10	1,6	2	21	5	-5	1,6	10
9	10	5	7,6	1	22	5	0	2,6	7
10	10	0	4,6	2	23	10	-10	1,6	12
11	5	-5	1,6	3	24	10	5	7,6	12
12	5	0	2,6	8	25	5	-5	2,6	5
13	10	-10	1,6	10					

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

### Задание 1.

При прямом напряжении 0,9 В максимально допустимый ток диода равен 300 мА. Определить наибольшее напряжение источника, при котором диод будет работать в безопасном режиме, если этот диод соединить последовательно с резистором сопротивлением  $R_n = 17 \text{ Ом}$ ?

### Задание 2.

Аккумуляторная батарея, ЭДС которой  $E = 12 \text{ В}$ , внутреннее сопротивление  $R_0 = 1 \text{ Ом}$ , заряжается через однофазный мостовой выпрямитель, подключенный к трансформатору с вторичным напряжением  $u_2 = 22 \cdot \sin(\omega t) \text{ В}$ . Начертить электрическую схему зарядной установки и определить среднее значение зарядного тока.

### Задание 3.

Определить параметры Г-образного LC-фильтра к однополупериодному выпрямителю, если коэффициент пульсации напряжения нагрузки 0,02, частота питающей сети  $f = 50 \text{ Гц}$ , сопротивление нагрузки  $R_n = 200 \text{ Ом}$ .

### Задание 4.

Мостовой однофазный выпрямитель рассчитан на напряжение нагрузки –  $U_n = 100 \text{ В}$ , ток –  $I_n = 150 \text{ мА}$ . Для схемы выбраны диоды Д207 с предельными параметрами  $I_{пр \max} = 100 \text{ мА}$  и  $U_{обр \max} = 200 \text{ В}$ . Сохранит ли выпрямитель свои функции при обрыве цепи одного из диодов? Останутся ли работоспособными оставшиеся диоды?

### Задание 5.

Определить частоту пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке трехфазного мостового выпрямителя, если напряжение первичной обмотки трансформатора имеет частоту  $f = 400 \text{ Гц}$ .

### Задание 6.

Определить действующее значение напряжения вторичной обмотки трансформатора в схеме двухполупериодного мостового выпрямителя, если прямой ток каждого диода  $I_{пр} = 150 \text{ мА}$ , а сопротивление нагрузки  $R_n = 430 \text{ Ом}$ .

### Задание 7.

В однополупериодном выпрямителе амплитуда напряжения вторичной обмотки трансформатора  $U_2 = 12 \text{ В}$ , прямое сопротивление диода  $R_{пр} = 20 \text{ Ом}$ , обратное сопротивление  $R_{обр}$  считать равным бесконечности, сопротивление нагрузки  $R_n = 100 \text{ Ом}$ . Определить амплитуды тока и напряжения нагрузки  $I_{n \max}$ ,  $U_{n \max}$ , а также их средние значения  $I_{n, ср}$ ,  $U_{n, ср}$ .

### **Задание 8.**

В однофазном мостовом выпрямителе  $U_2 = 16$  В, амплитуда тока нагрузки  $I_{н\max} = 0,2$  А, сопротивление нагрузки  $R_n = 50$  Ом. Определить прямое сопротивление диодов  $R_{пр}$ .

### **Задание 9.**

Определить амплитуду напряжения на нагрузке в двухполупериодном выпрямителе, если прямой ток каждого диода  $I_{пр} = 20$  мА, а сопротивление нагрузки  $R_n = 10$  Ом.

### **Задание 10.**

В биполярном транзисторе  $I_K = 10$  мА,  $I_Э = 10,5$  мА. Определить коэффициенты передачи тока  $\alpha$  и  $\beta$ , если тепловым током можно пренебречь.

### **Задание 11.**

Биполярный транзистор с коэффициентом передачи тока  $\beta = 100$  имеет  $I_B = 10$  мкА. Определить  $I_K$  и  $I_Э$ , если тепловым током можно пренебречь. Сравнить токи  $I_K$  и  $I_Э$ .

### **Задание 12.**

Усилитель имеет следующие динамические параметры:  $K_U = 250$ ,  $R_{вх} = 0,5$  кОм,  $R_{вых} = 1$  кОм. Рассчитать коэффициент передачи цепи обратной связи  $\beta$ , который позволит повысить входное сопротивление до 2 кОм. Определить параметры усилителя с учетом отрицательной обратной связи (ООС).

### **Задание 13.**

Двухкаскадный усилитель с коэффициентами усиления каскадов  $K_{U1} = 100$  и  $K_{U2} = 20$  охвачен общей отрицательной обратной связью по напряжению с  $\beta = 0,02$ . Определить общий коэффициент усиления с учетом отрицательной обратной связи (ООС).

### **Задание 14.**

Биполярный транзистор, имеющий коэффициент передачи тока базы  $\beta = 100$ , включен по схеме с общим эмиттером. Определить ток базы  $I_B$ , ток эмиттера  $I_Э$ , коэффициент передачи тока эмиттера  $\alpha$ , если ток коллектора  $I_K = 1$  мА.

### **Задание 15.**

Усилитель имеет следующие динамические параметры:  $K_U = 100$ ,  $R_{вх} = 1$  кОм,  $R_{вых} = 10$  кОм. Рассчитать коэффициент передачи  $\beta$  цепи обратной связи, которая позволит повысить входное сопротивление до 5 кОм. Определить параметры усилителя с учетом отрицательной обратной связи (ООС).

### **Задание 16.**

Двухкаскадный усилитель с коэффициентами усиления каскадов  $K_{U1} = 50$  и  $K_{U2} = 60$  охвачен общей ООС по напряжению с  $\beta = 0,01$ . Определить общий коэффициент усиления с учетом ООС.

### **Задание 17.**

Определить выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$  и коэффициент усиления напряжения  $K_{OC}$  усилителя с последовательной обратной связью, если на вход усилителя, кроме входного сигнала  $U_{\text{вх}} = 0,2$  В, подано напряжение обратной связи  $U_{OC} = 0,1$  В, действующее в противофазе с входным (ООС). Коэффициент усиления без обратной связи  $K_U = 20$ .

### **Задание 18.**

В режиме холостого хода на выходе усилителя  $U_{\text{вых}} = 2$  В, а при подключении нагрузки  $R_H = 2$  кОм  $U_{\text{вых}} = 1$  В. Рассчитайте  $R_{\text{вых}}$  усилителя.

### **Задание 19.**

При включении транзистора по схеме с ОБ коэффициент передачи тока  $\alpha = 0,98$ . Сопротивление нагрузки  $R_H = 5$  кОм. Определить входное сопротивление транзистора, если те же элементы включить по схеме с ОК.

### **Задание 20.**

На выходе двухкаскадного усилителя напряжение  $U_{\text{вых}} = 2$  В. Определить напряжение на входе каждого каскада, если коэффициенты усиления напряжения первого каскада  $K_{U1} = 40$ , второго –  $K_{U2} = 20$ .

### **Задание 21.**

Составить устройство на базе операционного усилителя для реализации функции  $U_{\text{вых}} = -K_U (U_{\text{вх1}} - U_{\text{вх2}} + U_{\text{вх3}})$ . Определить параметры цепи, если известны  $R_{OC} = 20$  кОм,  $K_U = 5$ .

### **Задание 22.**

Составить устройство на базе операционного усилителя для реализации функции  $U_{\text{вых}} = -2U_{\text{вх1}} - 3U_{\text{вх2}} + U_{\text{вх3}}$ . Определить параметры цепи, если  $R_{OC} = 20$  кОм.

### **Задание 23.**

На операционном усилителе построить устройство, инвертирующее фазу сигнала без изменения его амплитуды. Рассчитать сопротивление резисторов схемы, если  $R_{OC} = 1,2$  кОм.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника : учебник / Ю. М. Гусев. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 2004. - 790 с.
2. Шогенов, А. Х. Аналоговая, цифровая и силовая электроника : учебник / А. Х. Шогенов, Д. С. Стребков, Ю. Х. Шогенов ; ред. Д. С. Стребков. - Москва : Физматлит, 2017. - 416 с.
3. Барыбин, А. А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы : учебное пособие / А. А. Барыбин. - Москва : Физматлит, 2008. - 424 с.
4. Электроника : учебное пособие : / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, О. И. Степанов, А. В. Иванов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 201 с.
5. Розанов, Юрий Константинович. Силовая электроника : учебник / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк. - 2-е изд., стер. - Москва : МЭИ, 2009. - 632 с.