

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника (РЛ)»

Кафедра «Радиоэлектронные системы и устройства (РЛ1)»

Домашнее задание №2

по дисциплине «Схемотехника»

Вариант № 9

Выполнил ст. группы РЛ6-51

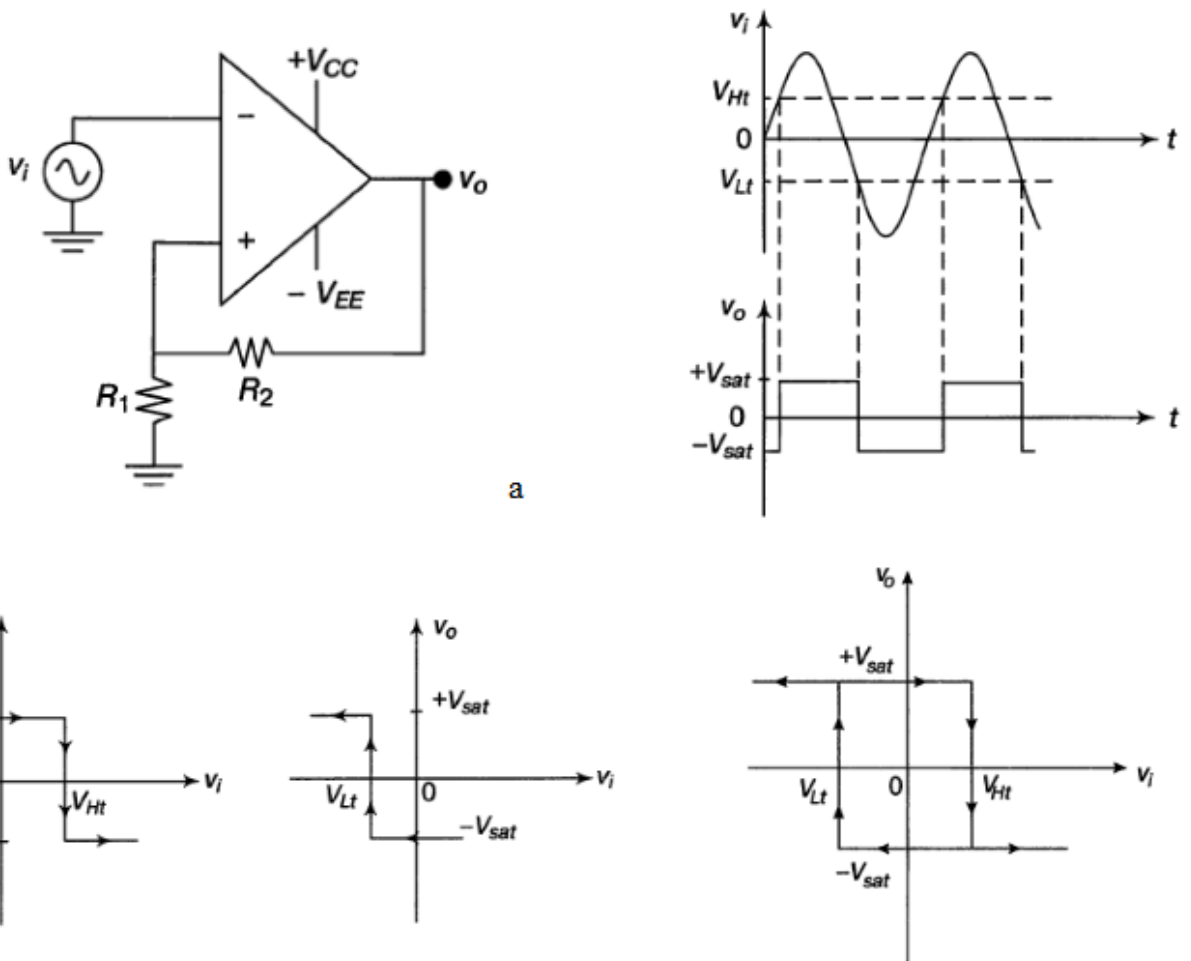
Филимонов С. В.

Преподаватель Русов Ю.С.

Москва, 2022

ЗАДАЧА 1

Рассчитать компаратор на основе триггера Шмитта, используя вариант упрощённого расчёта на основе инвертирующего компаратора с положительной обратной связью.



Дано (для 9 варианта):

Напряжение срабатывания $U_{оп}$, [В]	Максимальное напряжение ОУ на входе $U_{вых max}$, [В]	Напряжение отпускания $U_{отп}$, [В]
2	10	$0,8 \cdot U_{оп}$

Расчётная часть :

1. Определим коэффициент, характеризующий цепь параллельной обратной связи по формуле:

$$\gamma = \frac{U_{\text{отп}} - U_{\text{оп}}}{-U_{\text{вых max}} - U_{\text{оп}}} = \frac{0,8 \cdot 2 - 2}{-10 - 2} = 0,033$$

2. Рассчитаем напряжение срабатывания:

$$U_{\text{сраб}} = (U_{\text{вых max}} - U_{\text{оп}}) \cdot \gamma + U_{\text{оп}} = (10 - 2) \cdot 0,0604 + 2 = 2,27 \text{ [В]}$$

3. Определим величины навесных сопротивлений схемы триггера Шмитта R1 и R2 использованием соотношения

$$\gamma = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Сопротивление в цепи обратной связи R1 должно быть во много раз больше R2 и составлять десятки кОм. Пусть R1 = 15 [кОм] (ряд E24). Тогда

$$R_2 = \frac{R_1 \cdot \gamma}{1 - \gamma} = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 0,033}{1 - 0,033} = 512,24 \text{ [Ом]}$$

Возьмем R2 = 510 [Ом] из ряда номиналов сопротивлений E24.

Практическая часть :

1. Тип операционного усилителя задаётся как OPAMP 3T VIRTUAL.

В настройках операционного усилителя выставяем максимальное напряжение на входе ($U_{\text{вых max}} = 10 \text{ [В]}$).

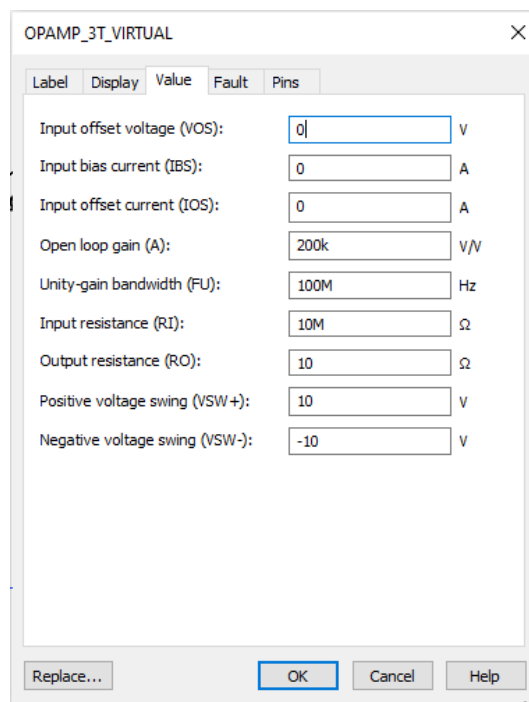


Рисунок 1.1 – Окно параметров усилителя.

2. Выставляем напряжение U_{SIN} большим, чем напряжение срабатывания $U_{\text{сраб}} = 2,27 \text{ [B]}$.

Схема имеет вид :

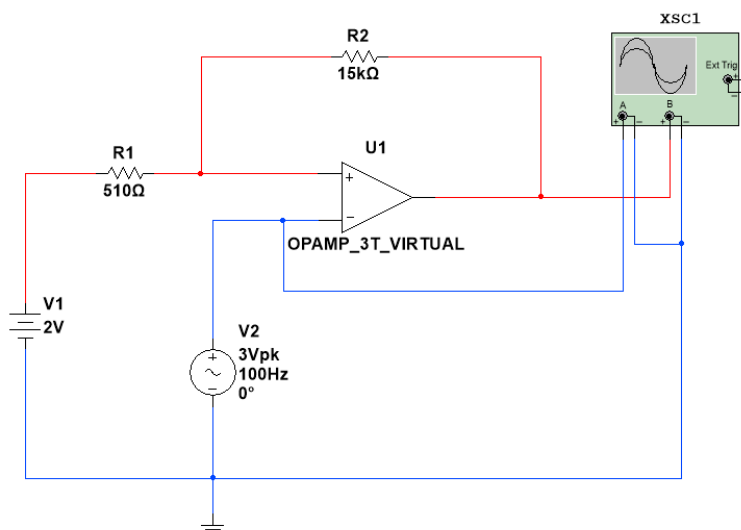


Рисунок 1.2 – Схема компаратора на основе триггера Шмитта.

3. Построим осциллограмму:

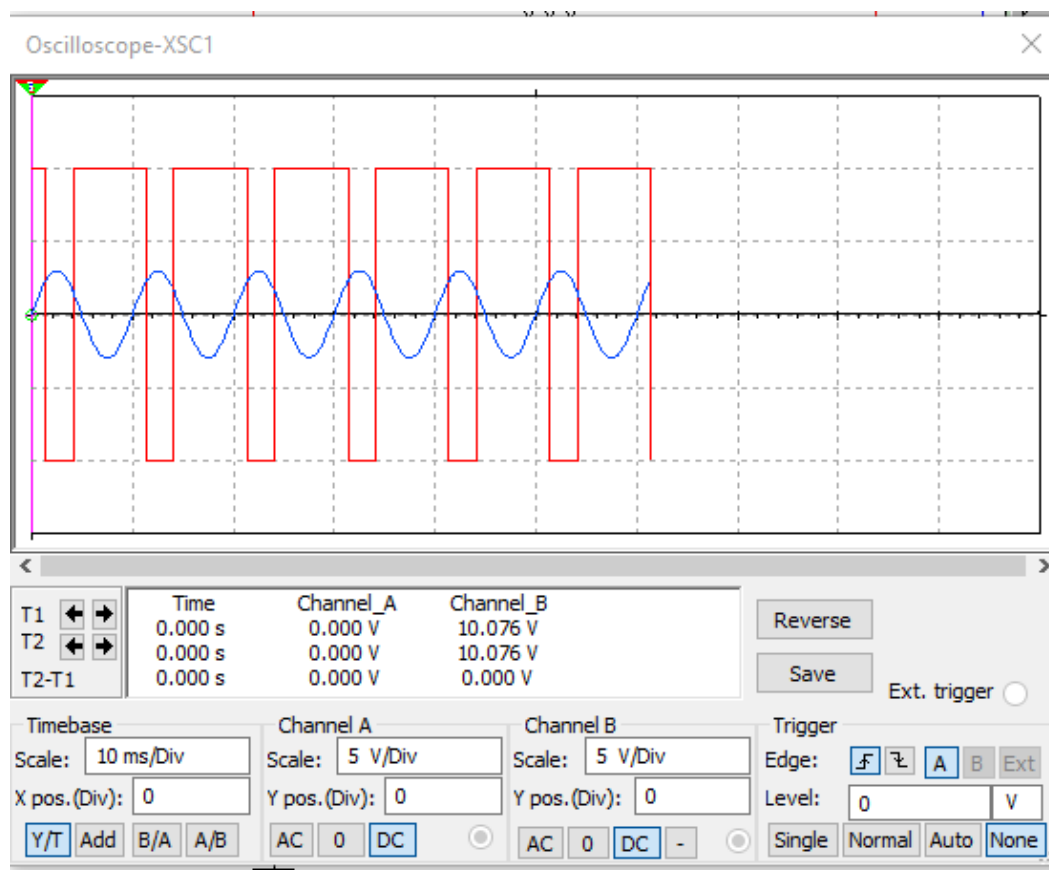


Рисунок 1.3

4. Триггер обладает двумя устойчивыми состояниями. В исходное положение схема возвращается в случае уменьшения отпирающего напряжения. Стоит отметить, что напряжение отпуская не равно напряжению срабатывания, можно сказать, что зависимость выходного напряжения имеет вид петли гистерезиса. Наличие гистерезиса – необходимое условие правильной работы схемы, иначе схема не будет иметь двух устойчивых состояний.

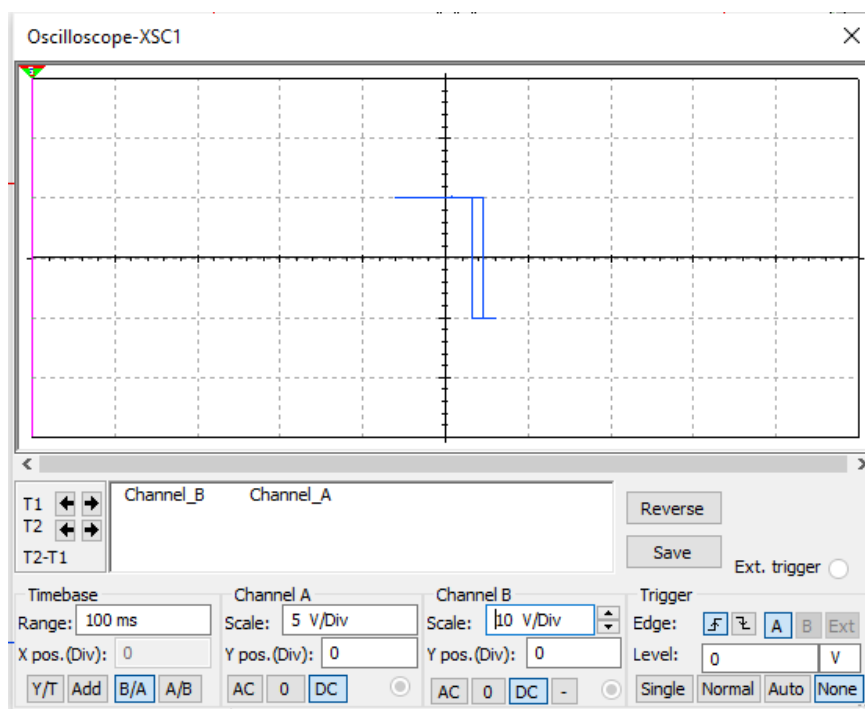
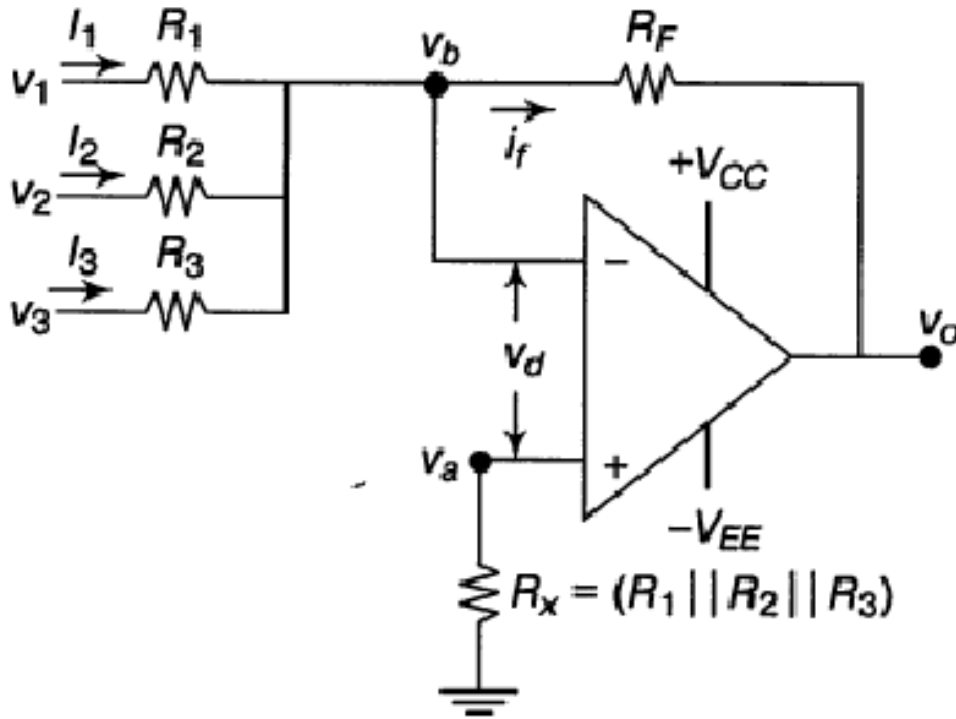


Рисунок 1.4 – Осциллограмма отношения входного сигнала к выходному.

ЗАДАЧА 2

Спроектировать инвертирующий суммирующий усилитель. Провести моделирование в программе Multisim, показав правильность расчёта и соответствие варианту.



Дано (для варианта б) :

Параметры усилителя :

Amplifier parameters

Voltage gain (A_v):	-1
Feedback resistor value (R_f):	1 kΩ
Positive rail voltage (V_{SW+}):	12 V
Negative rail voltage (V_{SW-}):	-12 V

Количество входных сигналов	Максимальное напряжение ОУ на выходе $U_{\text{ВЫХ МАХ}}, [\text{В}]$	Частота входных сигналов, [кГц]
3	10	100

Расчётная часть :

1. Рассчитаем резисторы операционного усилителя

$$V_{out} = -V_{in} \cdot \frac{R_f}{R_{in}}, \quad \text{где } R_f = 1 \text{ [кОм]}$$

R_{in} - состоит из набора резисторов

Следовательно, так как у входных сигналов напряжение складывается и не пригодно для выполнения условия что на выходе сигнал не должен превышать 10 [В], то рассчитаем резисторы, а именно выразим R_{in}

2. Рассчитаем компенсирующий резистор, который равен сумме всех резисторов, сложенных параллельно.

$$R_x = (R_1 || R_2 || R_3) = 333 \text{ [Ом]}$$

Практическая часть :

1. Собираем следующую схему :

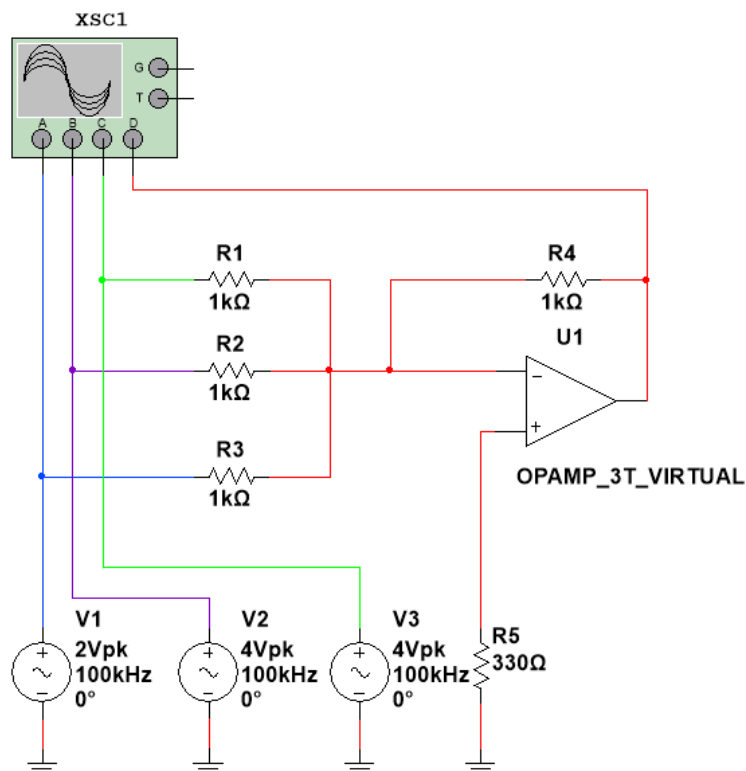


Рисунок 2.1 – Схема инвертирующего суммирующего усилителя с 4-мя входными сигналами.

2. Получаемая осциллограмма :

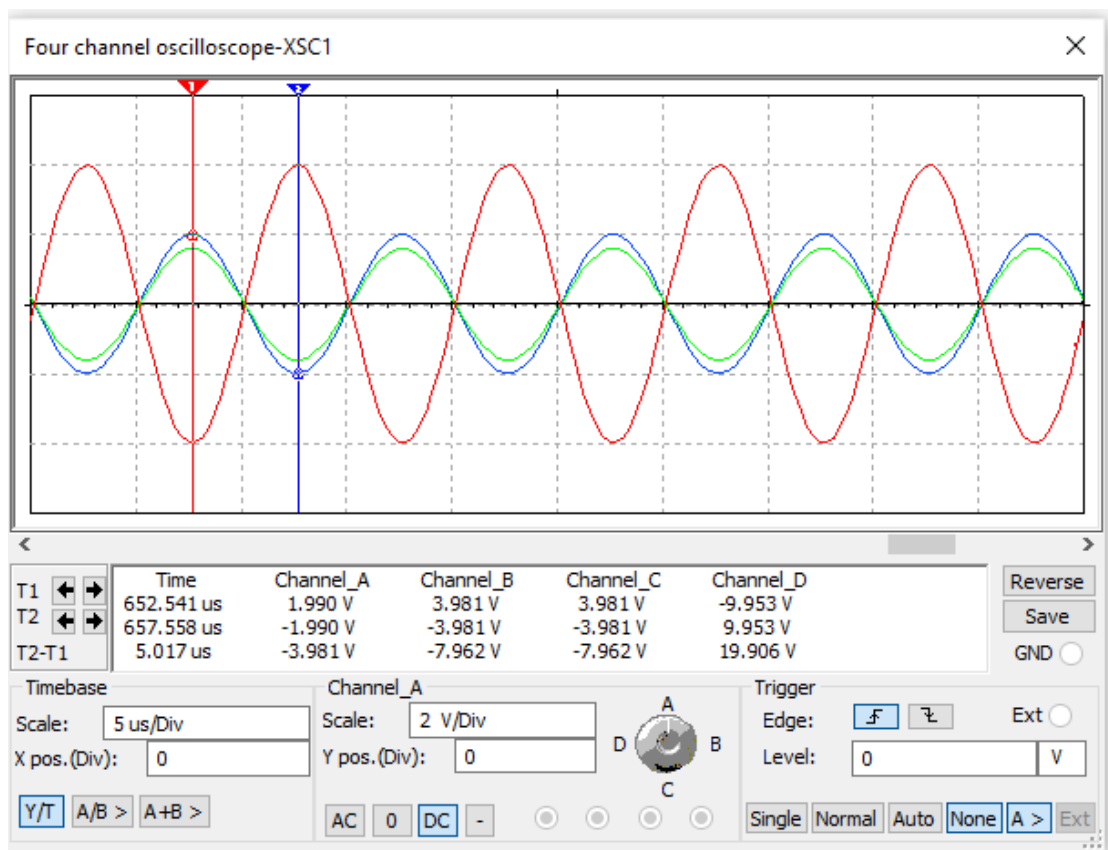
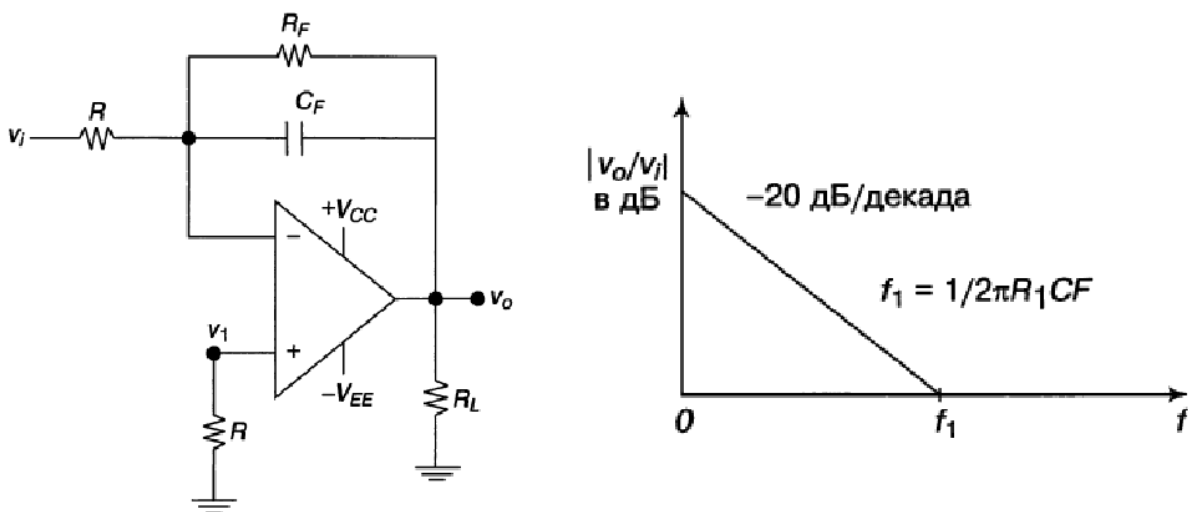


Рисунок 2.2 – Осциллограмма 3-х входных сигналов и 1 выходного сигнала.

Сумматор, с рассматриваемыми нами параметрами корректно работает в соответствии с техническим заданием, что видно из проверки его работы.

ЗАДАЧА 3

Спроектировать интегратор на основе операционного усилителя, с параметрами, соответствующими варианту. Провести моделирование в программе Multisim, показав правильность расчета и соответствие варианту.



Дано:

Амплитуда входного сигнала, [В]	Максимальное напряжение ОУ на выходе $U_{\text{ВЫХ МАХ}}$, [В]	Диапазон частот, [кГц]	Используемый операционный усилитель
10	0,4	100	OPAMP 3T VIRTUAL

Расчетная часть:

1. Рассчитаем элементы интегрирующего усилителя. Возьмем емкость равной 1 [мкФ], однако необходимо, чтобы выполнялось условие $X_c \ll R_F$

2. Чтобы интегрировать на частотах от 100 [Гц] и выше требуется, чтобы критическая частота $f_c \ll 100$ [Гц]. Выберем критическую частоту на одну декаду ниже, то есть $f_c = 10$ [Гц] Используя формулу, находим R_f :

$$R_f = \frac{1}{2\pi f_c C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 15,92 \text{ [кОм]}$$

Возьмем $R_f = 16$ [кОм].

3. Резистор R_1 нужно выбрать таким, чтобы на частоте $f = 250$ [кГц]

$$\left| \frac{V_0}{V_i} \right| = \frac{0,4}{10} = 0,04$$

На частоте $f = 250$ [кГц] влиянием R_f можно пренебречь. Применимо уравнение коэффициента усиления идеального интегратора:

$$\left| \frac{V_0}{V_i} \right| = \frac{1}{2\pi f R_1 C_F}$$

Тогда

$$R_1 = \frac{1}{2\pi f \left| \frac{V_0}{V_i} \right| C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 39,78 \text{ [Ом]}$$

Возьмем $R_1 = 39$ [Ом] из ряда номиналов резисторов E24.

Практическая часть :

1.Соберём следующую схему:

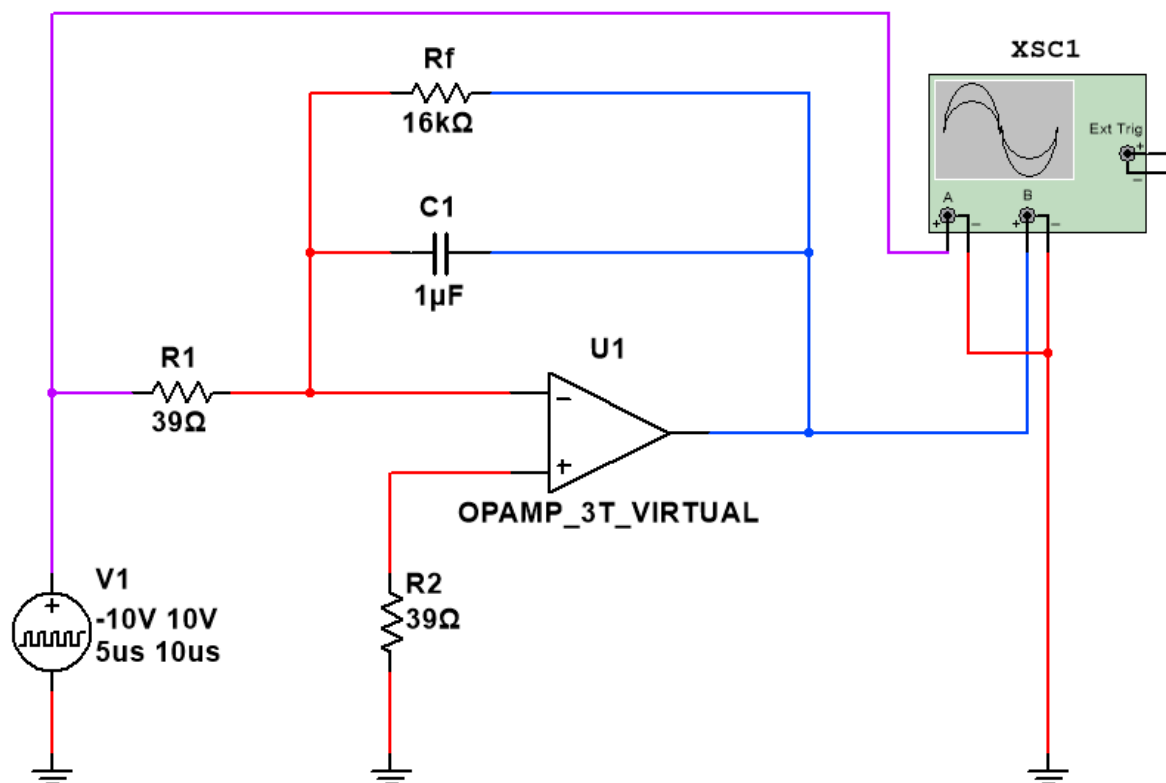


Рисунок 3.1 – Схема интегратора на основе операционного усилителя.

2. Работа интегратора на частоте 100 [кГц]:

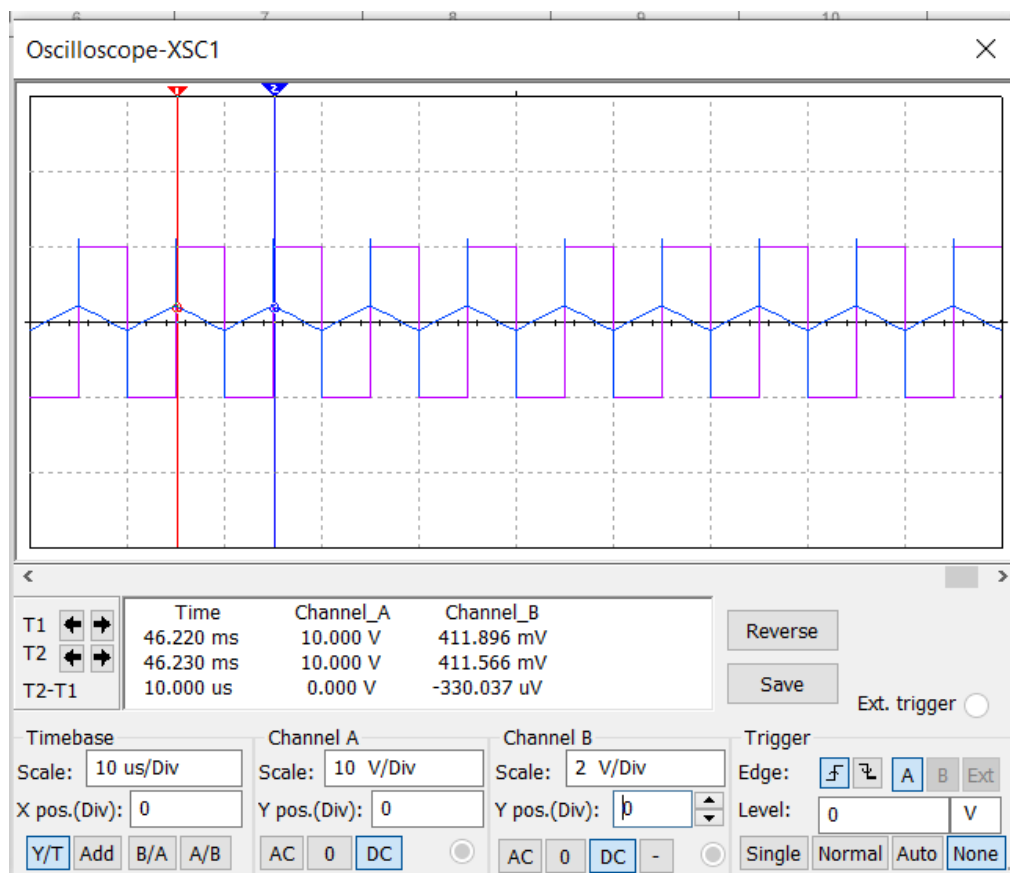
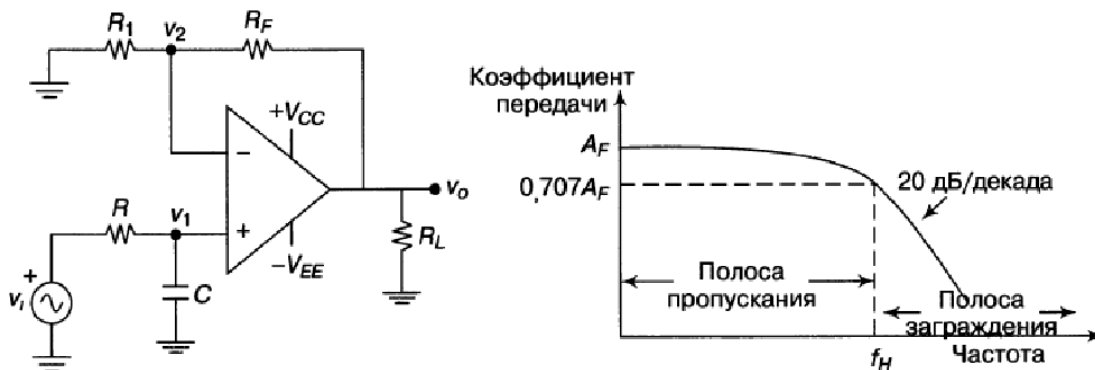


Рисунок 3.2 – Осциллограмма.

ЗАДАЧА 4

Спроектировать активный фильтр нижних частот первого порядка, с параметрами, соответствующими варианту. Провести моделирование в программе Multisim, показав правильность расчет и соответствие варианту.



Дано:

Граничная частота, [кГц]	Используемый операционный усилитель
90	OPAMP 3T VIRTUAL

Расчетная часть :

1. Для моделирования фильтра нижних частот в MS находим емкость через ее связь с верхней частотой среза фильтра (пусть $C=0,01$ [мкФ]) :

$$R = \frac{1}{2\pi C f_H} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 90 \cdot 10^3} = 176,83 \text{ [Ом]}$$

Возьмем $R = 180 \text{ [Ом]}$ – из ряда номиналов резисторов E24

2. Возьмём коэффициент усиления, равный 2. Он определяется выражением:

$$s = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

Тогда возьмем $R_f = R_1 = 1 \text{ [кОм]}$, а $R_L = R_f = 1 \text{ [кОм]}$ – эти резисторы присутствуют в ряде номиналов E24.

Практическая часть :

1. Соберём схему:

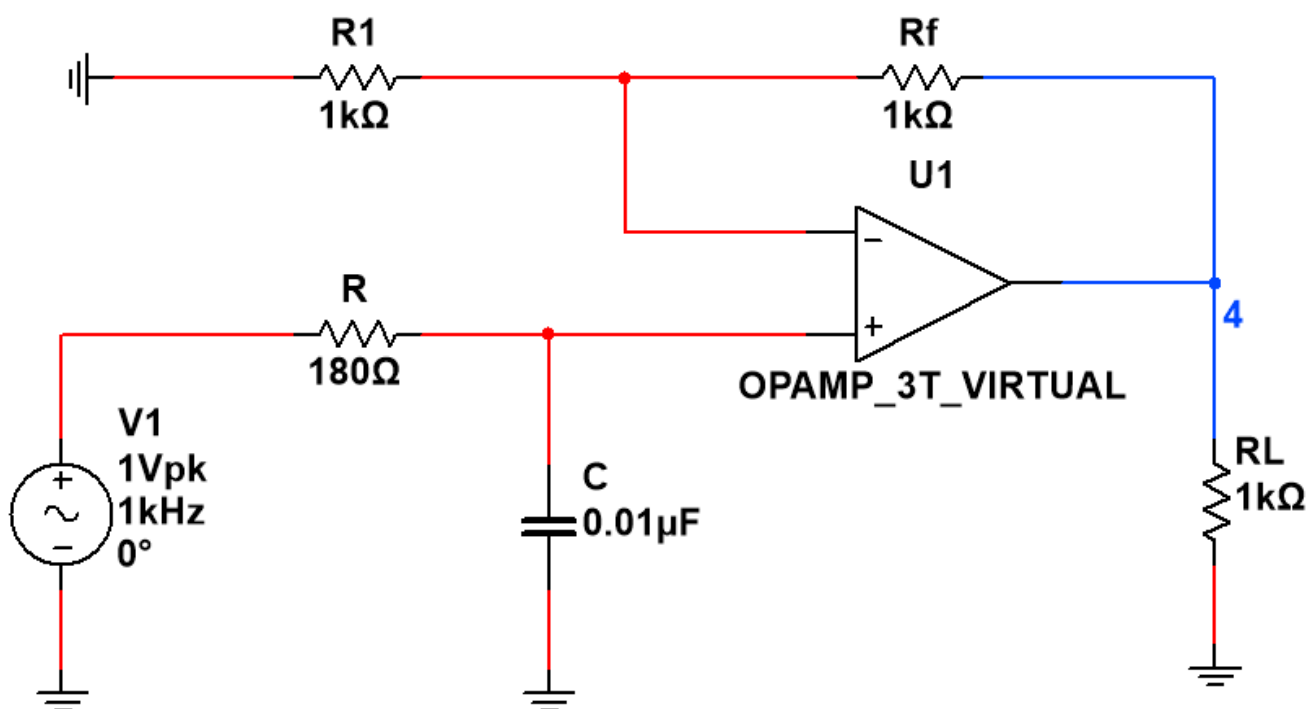


Рисунок 4.1

2. Проведем AC Sweep анализ, задав нужные параметры:

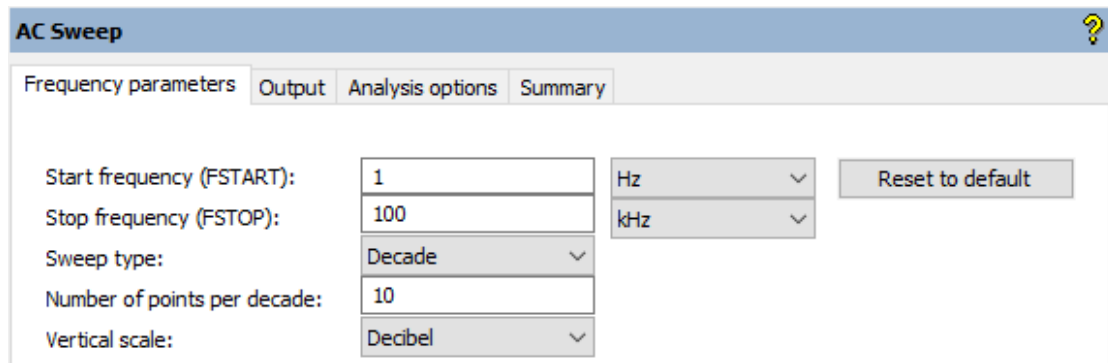


Рисунок 4.2 – Настройка частотных параметров в AC Sweep анализе.

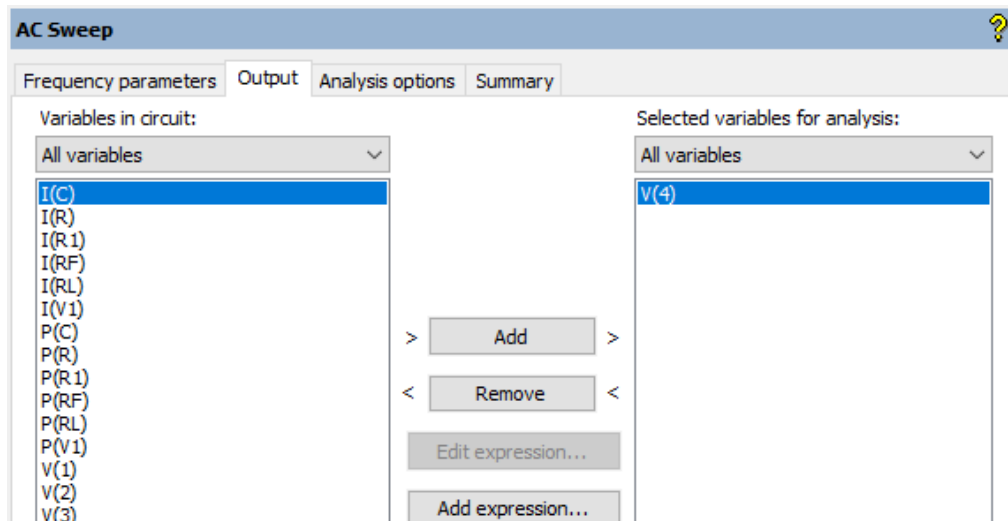


Рисунок 4.3 – Параметры вывода в AC Sweep анализе.

3. На выходе получаем необходимый фильтр нижних частот. На графике видно, что на частоте 90,859 [кГц] потери составляют :

$$L1 - L2 = 6,0205 - 2,8625 = 3,158 \text{ [дБ]}$$

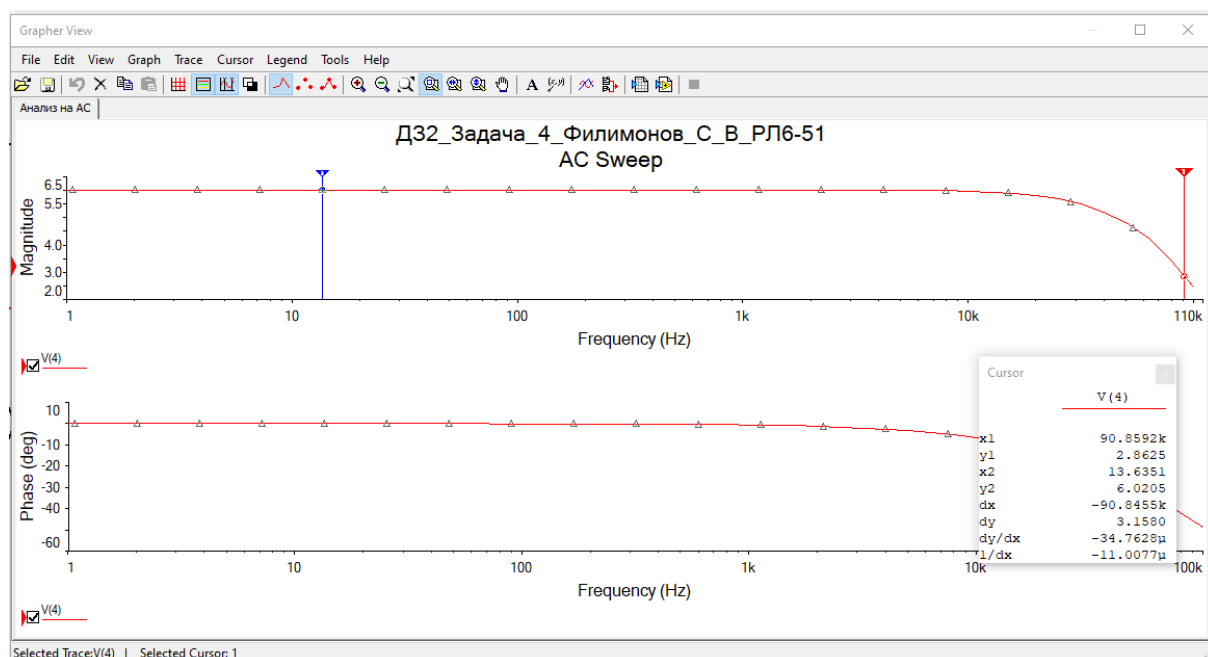


Рисунок 4.4 – АЧХ моделируемого фильтра нижних частот.