

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
Кафедра систем автоматизированного проектирования (САПР)

отчет
по лабораторной работе № 2
по дисциплине «Схемотехника»
Тема: «РЕШАЮЩИЕ УСИЛИТЕЛИ»

Студенты гр. 3311

Преподаватель

Аршин А. Д

Баймухамедов Р. Р.

Пасечный Л. В.

Шарпинский Д.

Бабкин И. А.

Санкт-Петербург

2025

Цель работы

Состоит в ознакомлении с принципами построения неинвертирующих, инвертирующих и интегрирующих решающих усилителей (РУ), представляющих собой комплексную схему из операционного усилителя (ОУ) и внешних элементов, образующих цепь отрицательной обратной связи, и экспериментальном исследовании их основных технических характеристик с использованием NI ELVIS. Решающие усилители реализуются на базе интегральных ОУ типа LM741.

Ход работы

Основные схемы и расчетные соотношения для неинвертирующих и инвертирующих РУ:

Основная схема инвертирующего РУ представлена на рис. 2.1. Этот РУ состоит из ОУ, охваченного цепью глубокой параллельно-параллельной отрицательной обратной связи (ООС) – R_2 , R_1 . В диапазоне низких частот схемные функции инвертирующего РУ определяются следующими приближенными соотношениями:

$$K_{Uи} = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} \approx -\frac{R_2}{R_1}; R_{ВХ. и} = \frac{U_{ВХ}}{I_{ВХ}} \approx R_1. \quad (2.1)$$

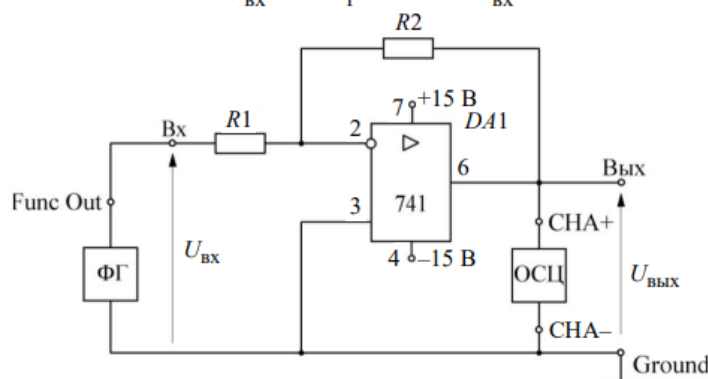


Рис. 2.1

Из соотношений (2.1) следует, что в инвертирующем РУ не удастся получить совместно большой коэффициент усиления $K_{Uи}$ и большое входное сопротивление $R_{ВХ. и}$. Например, если мы хотим организовать в инвертирующем РУ $R_{ВХ. и} = R_1 = 10$ МОм, $K_{Uи} = -1000$, то получим $R_2 = 10^{10}$ Ом. Такие резисторы практически не реализуются. Реально в схеме (см. рис. 2.1) можно получить значения $K_{Uи} = 100...1000$, $R_{ВХ. и} = 1...10$ кОм.

Увеличим входное напряжение РУ (Peak Amplitude) до 2 В и повторим предыдущий эксперимент. Выясним, чем в этом случае обусловлено ограничение напряжения на выходе РУ.

Измерим частотные характеристики коэффициента усиления $K_{\text{Уи}}$ инвертирующего РУ с использованием ФГ и анализатора Боде (АБ), для чего соберем на макетной плате схему, представленную на рис. 2.2.

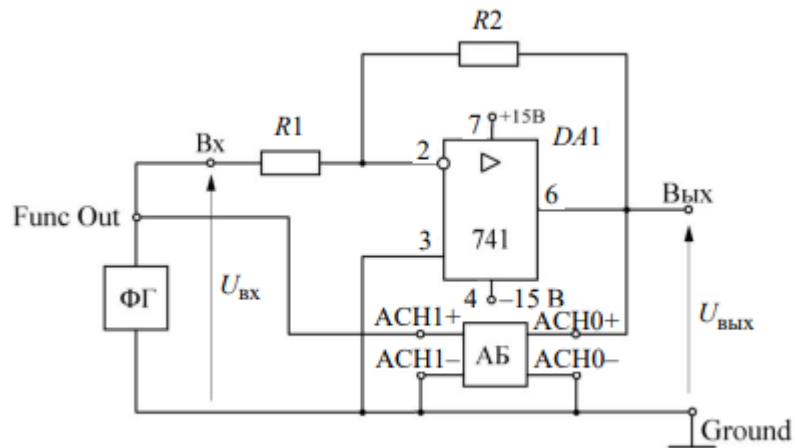


Рис. 2.2

Исследуем выходное напряжение покоя $U_{\text{вых0}}$ инвертирующего РУ и его зависимость от изменения коэффициента усиления $K_{U_{\text{и}}}$, для чего соберем на макетной плате схему, представленную на рис. 2.3 (ЦМ – цифровой мультиметр; $U_{\text{вх}} = 0$). Напряжение покоя $U_{\text{вых0}}$ определяем для двух случаев:

- 1) $K_{U_{\text{и}}} = -10$; $R_1 = 10 \text{ кОм}$; $R_2 = 100 \text{ кОм}$;
- 2) $K_{U_{\text{и}}} = -100$; $R_1 = 1 \text{ кОм}$; $R_2 = 100 \text{ кОм}$.

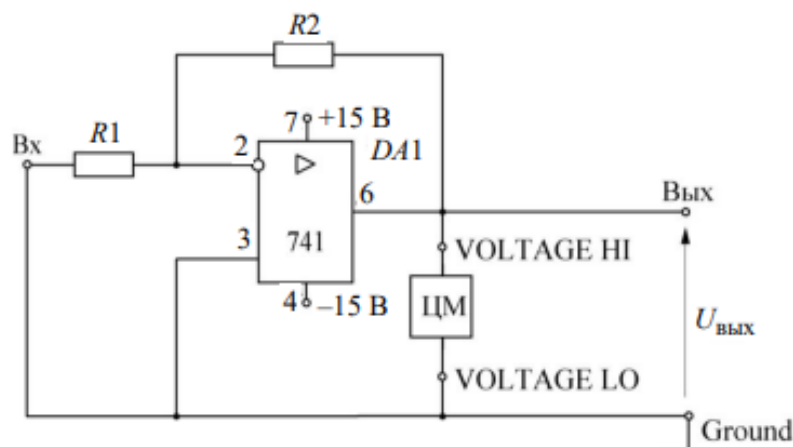


Рис. 2.3

Измеряем для двух случаев постоянное выходное напряжение покоя $U_{\text{вых0}}$. Убеждаемся в том, что с увеличением коэффициента усиления $K_{U_{\text{и}}}$ напряжение покоя возрастает, это согласуется с соотношениями (2.1) и (2.2). На основании соотношения (2.2) и экспериментальных данных $U_{\text{вых0}}$, снятых для двух случаев, вычисляем параметры $U_{\text{см}}$ и $I_{\text{вх1}}$. Исследуем для двух случаев соответственно.

Основная схема неинвертирующего РУ представлена на рис. 2.4. Этот РУ состоит из ОУ, охваченного цепью глубокой последовательно-параллельной ООС – R_2, R_1 . Такой тип ООС позволяет не только получить стабильный коэффициент усиления РУ, но и реализовать высокое входное сопротивление усилителя, что является положительным фактором для большинства усилительных устройств, поскольку при этом потребляются малые мощность и ток от источника входного сигнала. Резистор R_3 необходим для реализации в усилителе режима по постоянному току при отсутствии входного сигнала.

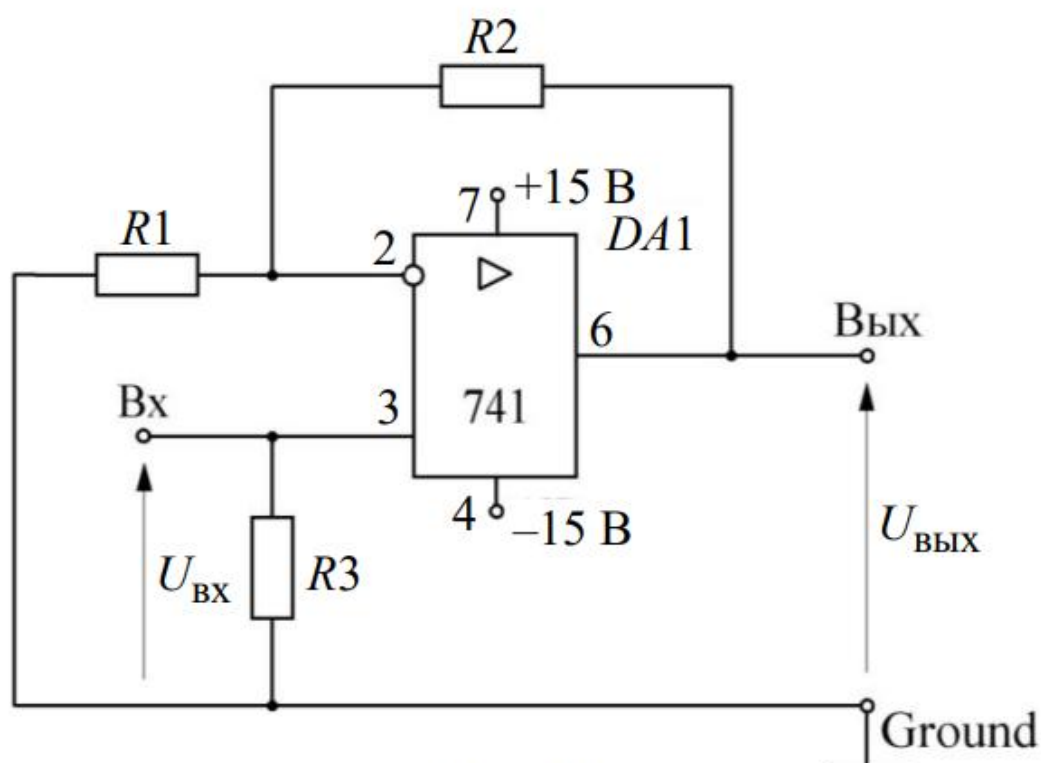


Рис. 2.4

В диапазоне низких частот схемные функции неинвертирующего РУ определяются следующими приближенными соотношениями:

$$K_{U_{\text{ни}}} = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} \approx 1 + \frac{R_2}{R_1}; R_{\text{вх. ни}} = \frac{U_{\text{вх}}}{I_{\text{вх}}} \approx R_3. \quad (2.3)$$

Из соотношений (2.3) очевидно, что выбором определенного значения сопротивления R_3 можно обеспечить высокое входное сопротивление неинвертирующего РУ ($10^5 \dots 10^6$ Ом), а выбором большого отношения R_2/R_1 – высокий коэффициент усиления РУ ($100 \dots 1000$).

Таким образом, у неинвертирующего РУ (см. рис. 2.4) отсутствует основной недостаток инвертирующего РУ (см. рис. 2.1) – низкое входное сопротивление. Если на базе этих РУ требуется реализовать инвертирующий усилитель с высоким входным сопротивлением и большим коэффициентом усиления, то целесообразно в качестве входной усилительной подсхемы использовать неинвертирующий РУ, а в качестве выходной подсхемы – инвертирующий РУ.

Результаты измерения основных параметров РУ:

Инвертирующая РУ:

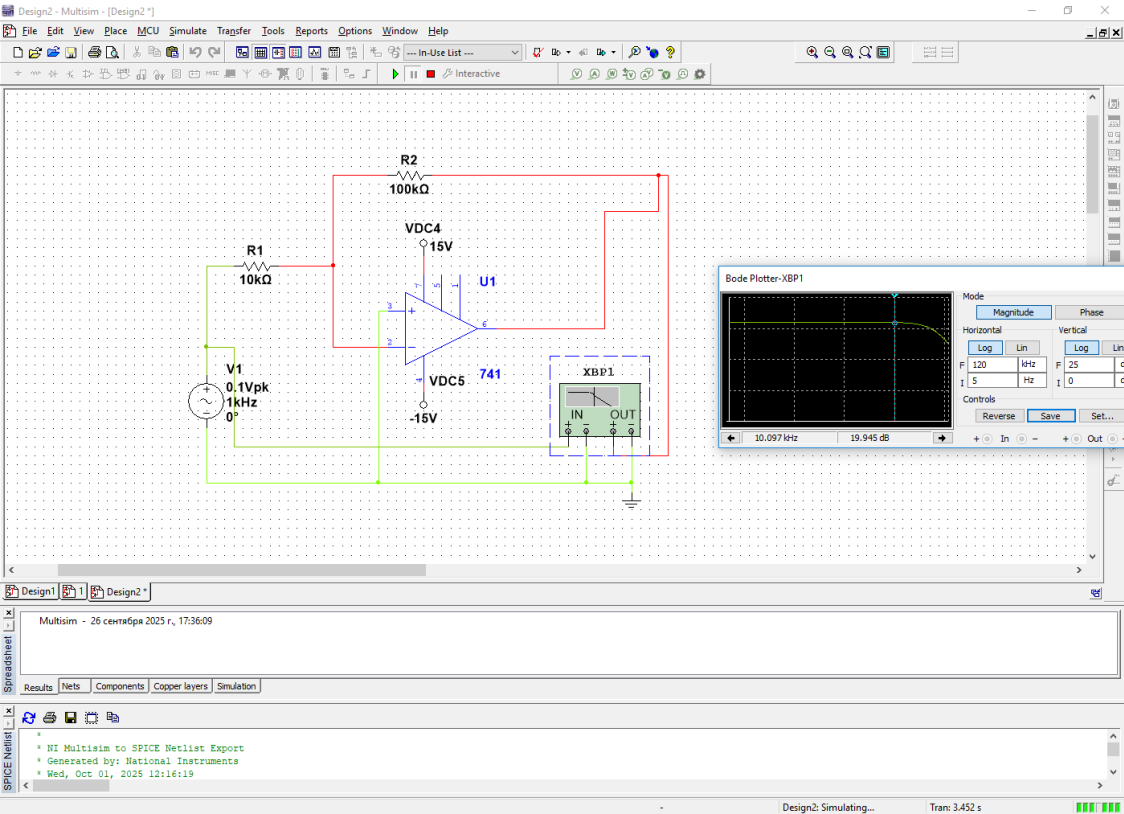


График Инвертирующей РУ:

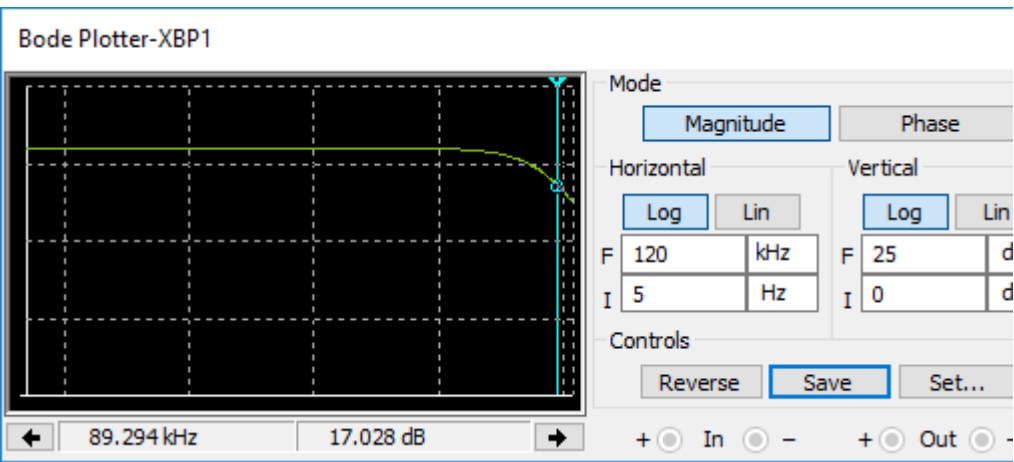
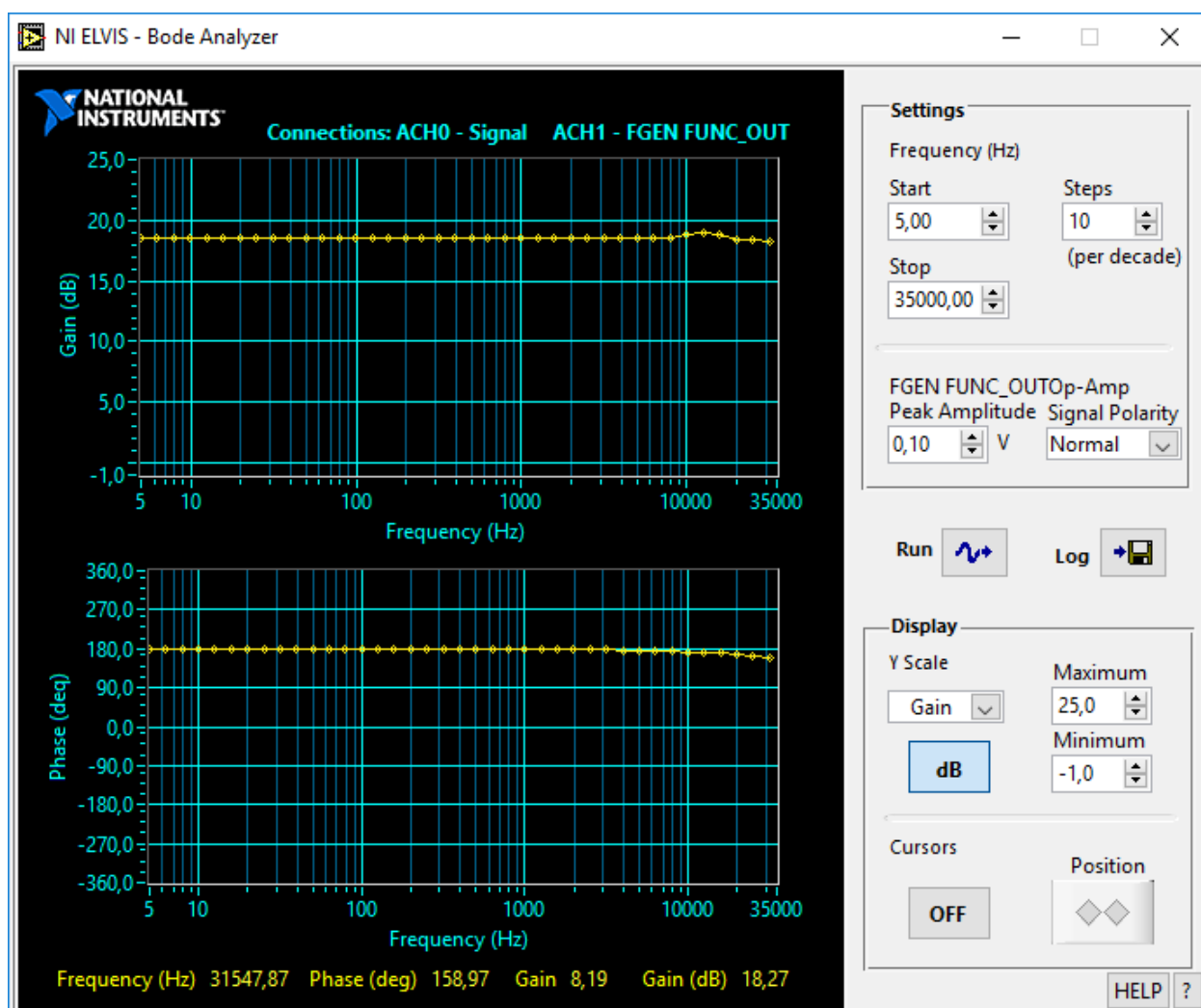


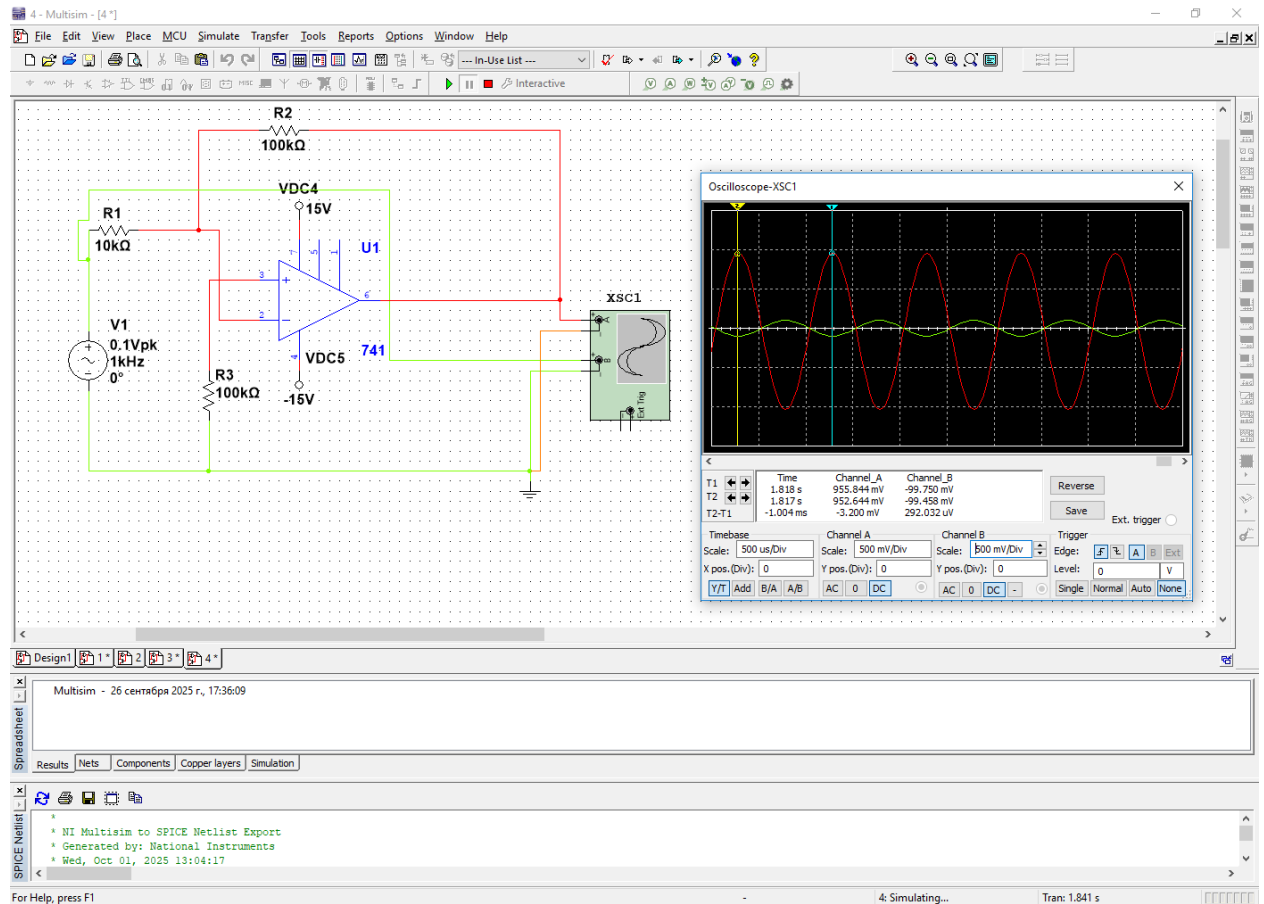
График падения, когда мы собрали схему на макете и проверили ее работоспособность:



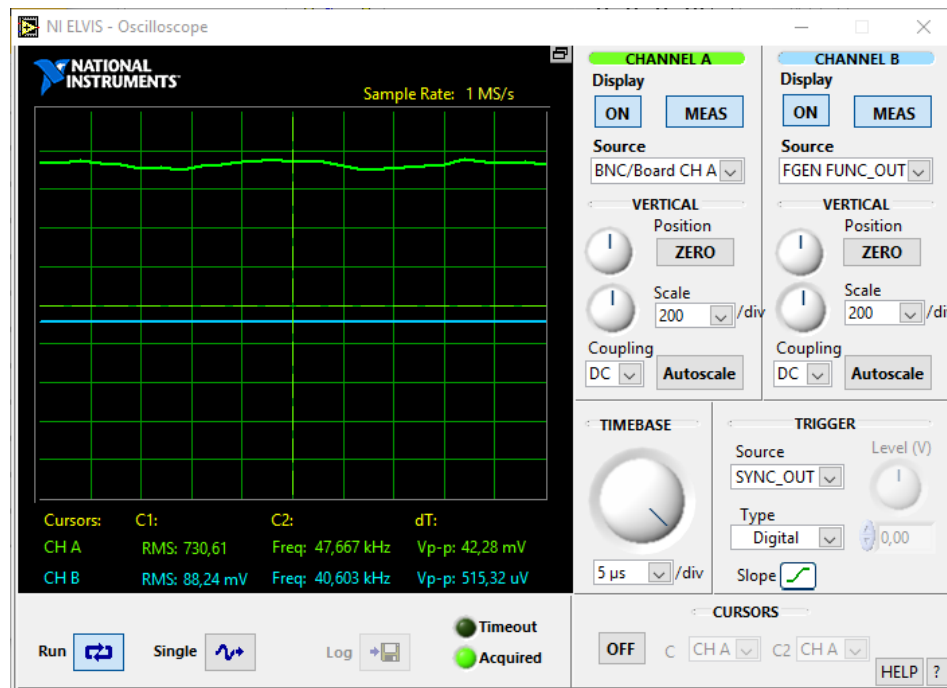
Как мы видим из графика, на частоте 30000 происходит падение, что является хорошим результатом

Частотные характеристики коэффициента усиления $K_{U\Omega}$

Схема:

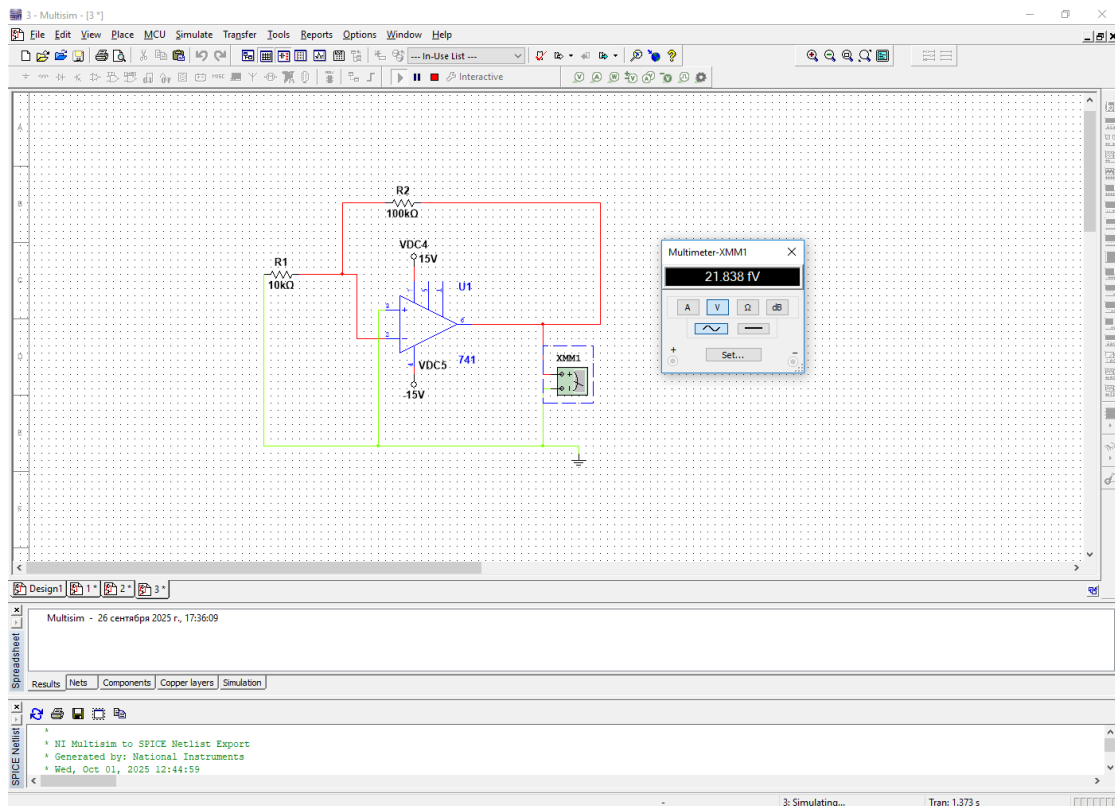


Собрали на макете схему и запускаем ее:

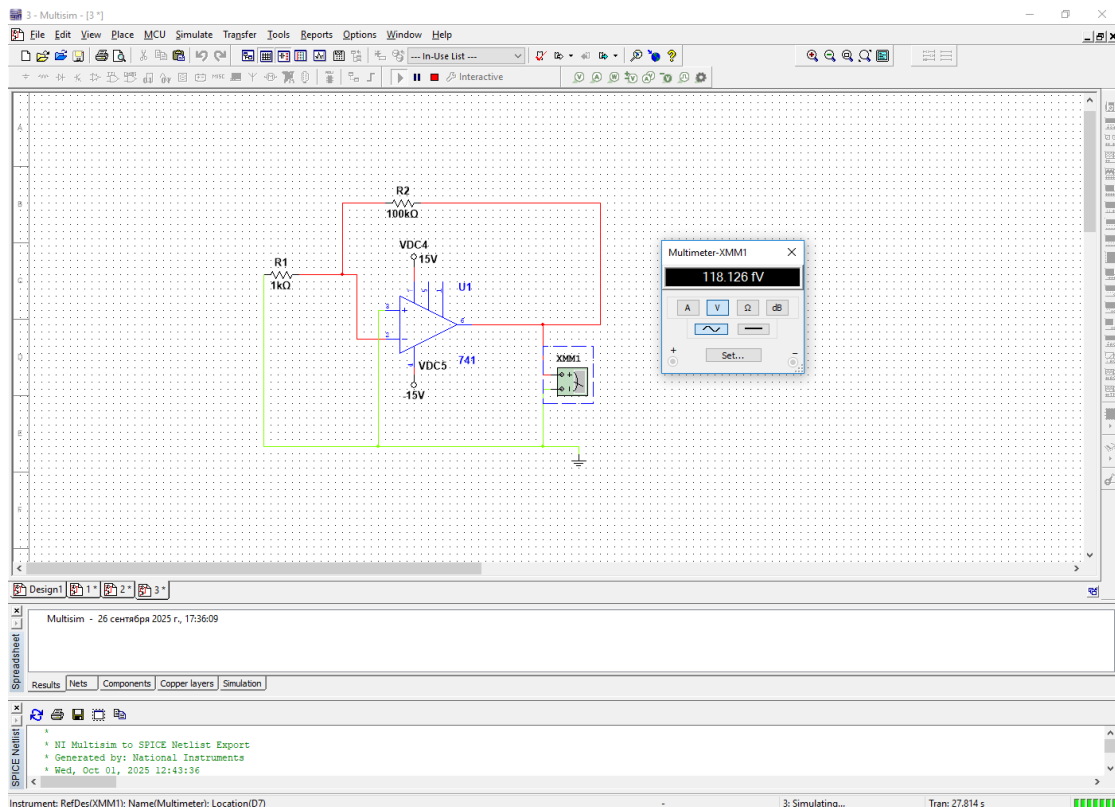


Выходное напряжение покоя инвертирующего РУ для двух случаев соответственно:

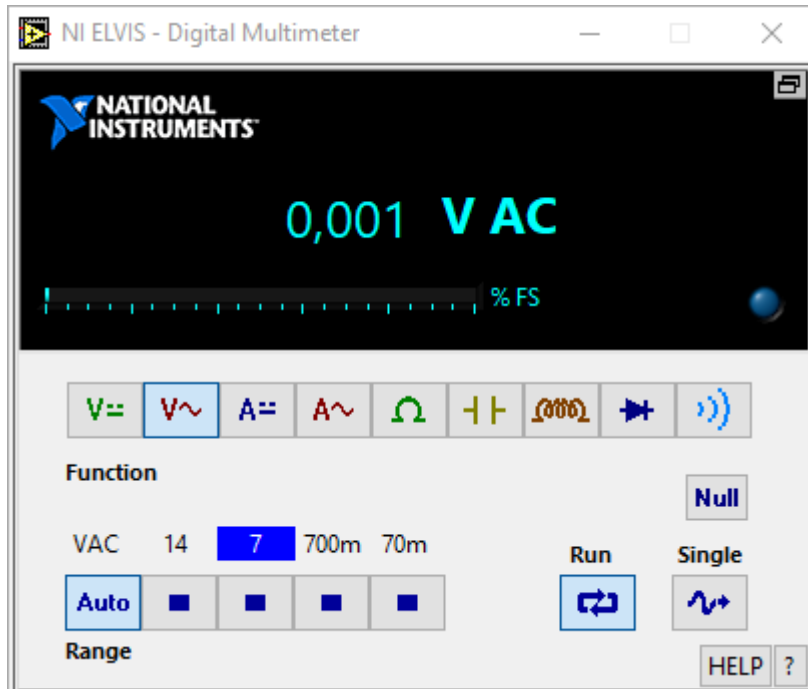
1) Схема:



2) Схема

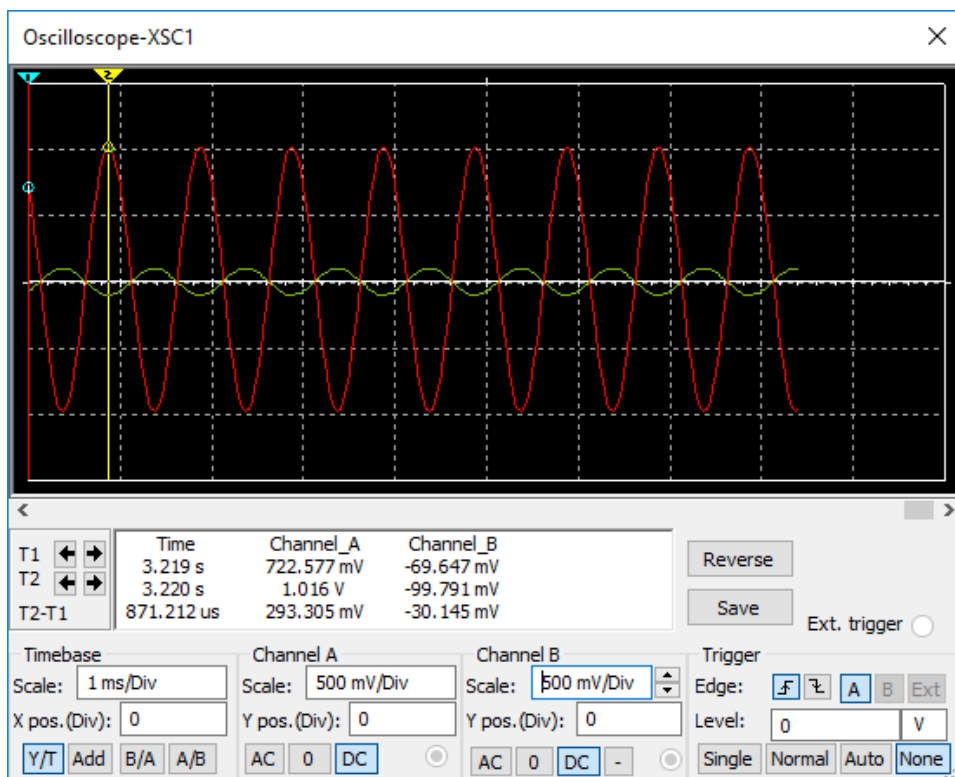


После мы собираем схему на макете и запускаем ее:

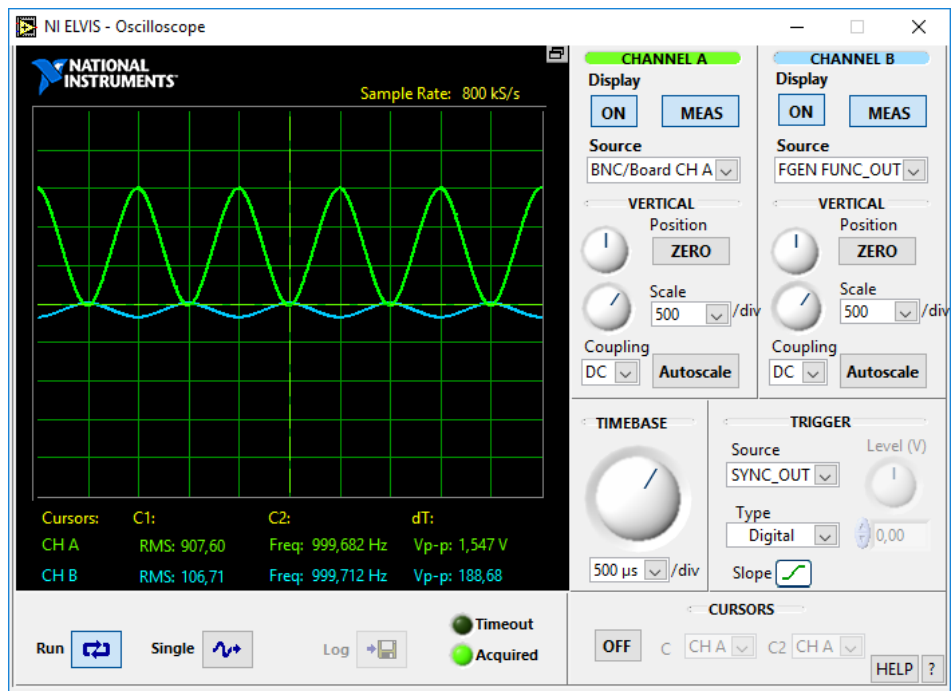


Графики неинвертирующей РУ:

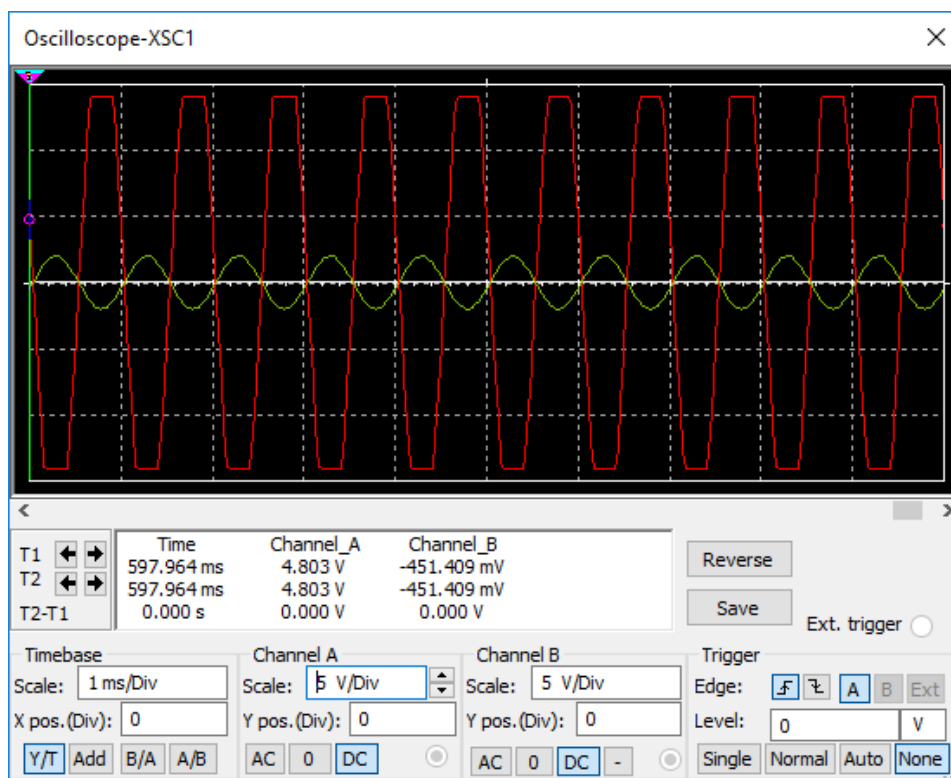
1)



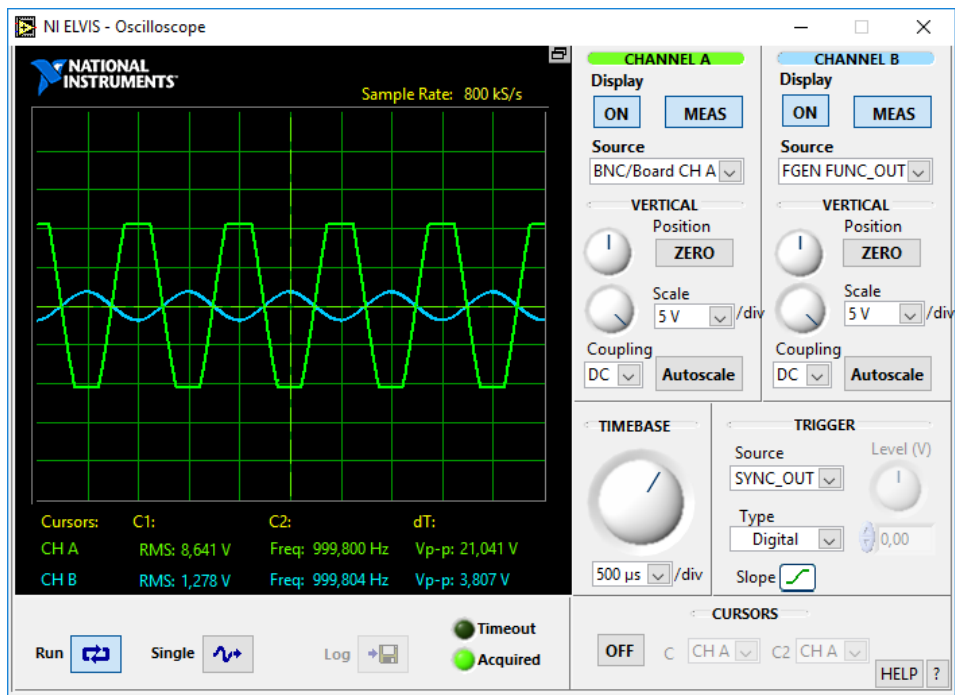
У нас вышла разница в -10 раз, а далее, мы поставили значение 2В и выходное значение упёрлось в потолок 15В



2)



Видим разницу между первым и вторым



Вывод:

В ходе работы подтверждены основные принципы работы решающих усилителей. Отрицательная обратная связь обеспечивает стабильный коэффициент усиления. Напряжение на выходе ограничено напряжениями питания ($\pm 15\text{V}$). Инвертирующий усилитель имеет низкое входное сопротивление, определяемое резистором R1. Неинвертирующий усилитель обладает высоким входным сопротивлением. С ростом коэффициента усиления увеличивается напряжение покоя из-за паразитных параметров ОУ. Частотные характеристики соответствуют теоретическим ожиданиям.

Контрольные вопросы:

1. Что такое РУ (Решающий усилитель)?

Это усилитель постоянного тока (УПТ) с высоким коэффициентом усиления, предназначенный для выполнения математических операций (сложение, вычитание, интегрирование, дифференцирование — отсюда и название "решающий") над аналоговыми сигналами в аналоговых вычислительных машинах.

2. Чем РУ лучше ОУ?

Решающий усилитель (РУ) стабильнее (ОУ) операционного усилителя за счёт введения обратной связи.

3. В чем состоит основное преимущество неинвертирующего РУ перед инвертирующим?

Неинвертирующий РУ позволяет получить одновременно большое входное сопротивление и большой коэффициент усиления.

4. Как изменяется с увеличением коэффициента усиления $K_{Уи}$ инвертирующего РУ его выходное напряжение покоя $U_{вых 0}$?

Напряжение покоя возрастает с увеличением коэффициента усиления.

5. Каким образом можно реализовать инвертирующий усилитель с высоким входным сопротивлением и большим коэффициентом усиления, используя типовые РУ?

Добавить в усилитель корректирующую цепь (например, конденсатор).

6. Чем обусловлено ограничение напряжения на выходе РУ при больших входных напряжениях?

Выходное напряжение ограничено напряжениями питания ОУ.

7. Чем РУ с высоким входным сопротивлением лучше РУ с низким входным сопротивлением?

При маленьком входном сопротивлении требуется большой входной ток.