

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Филиал федерального государственного образовательного учреждения высшего  
образования  
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»  
в г. Стерлитамаке

Кафедра автоматизированных технологических и информационных систем

## РАСЧЕТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Курсовая работа  
по дисциплине  
«Методы и средства измерений»  
Вариант 20

Выполнил: студент гр. АГз -18-31

Преподаватель: к.т.н., доцент

Р.Д. Резяпов

Е.А. Шулаева

Стерлитамак 2021

# Актуальность курсовой работы

Проектирование – процесс преобразования исходного описания объекта в его окончательное описание на основании комплекса работ исследовательского, расчетного и конструкторского характера. Процесс проектирования начинается прежде всего с определения той области техники, к которой относится объект проектирования. Проектирование средства измерения (далее «СИ») начинается с анализа с его структурной и функциональной схем. Далее рассматриваются метрологические характеристики проектируемого СИ, возникающие погрешности, информационные аспекты преобразования сигнала. В этой связи приобретают особое значение рациональный выбор первичных преобразователей физических величин и полей, для измерения параметров которых предназначено СИ.

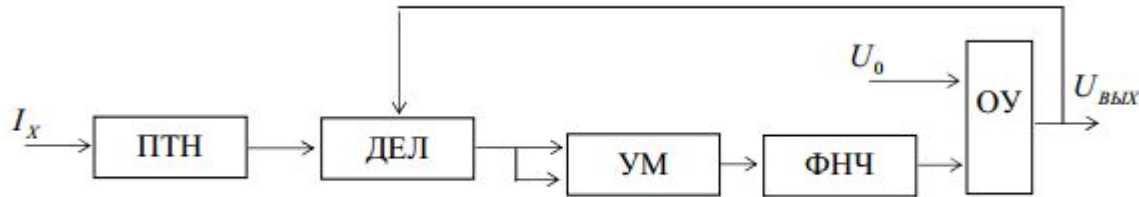
# Цель и задачи курсовой работы

**Целью курсовой работы** является конструирование многопределного измерительного преобразователя среднеквадратического значения тока.

**Для достижения указанной цели в работе поставлены и решены следующие основные задачи:**

- 1) Приведен обзор литературы по измерительному преобразователю;
- 2) На основе функциональной схемы, приведённой в техническом задании, разработана принципиальная схема преобразователя.
- 3) Выполнено моделирование принципиальной схемы на базе компьютерного симулятора MultiSim.
- 4) Приведены результаты моделирования устройства, дана оценка полученной точности преобразования.

# Многопредельный измерительный преобразователь среднеквадратического значения тока

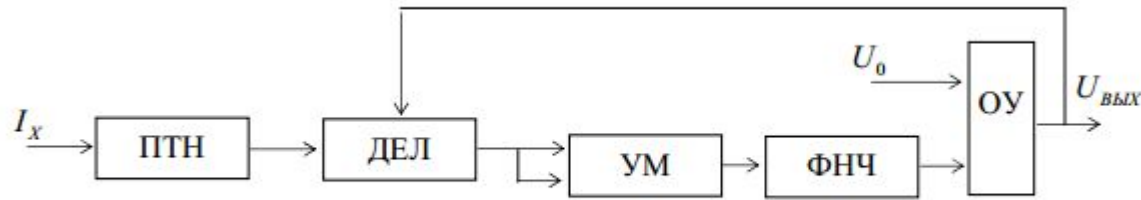


ПТН –преобразователь ток–напряжение; УМ –аналоговый умножитель; ФНЧ –фильтр нижних частот; ДЕЛ –аналоговый делитель; ОУ – операционный усилитель

Технические характеристики:

- диапазон изменения входного сигнала (амплитудное значение), мА –  $(0,5-7) \sqrt{2}$ ;
- частота входного сигнала, Гц – 1100;
- максимальное значение выходного сигнала (среднеквадратическое значение), В – 8;
- частота среза ФНЧ, Гц – 110 при коэффициенте передачи 1 и пульсации амплитудно-частотной характеристики 2 дБ;
- опорное напряжение, В –  $U_0 = 10$ ;
- коэффициент усиления ОУ  $K_y \gg 1$ .

# Анализ режимов работы измерительного преобразователя

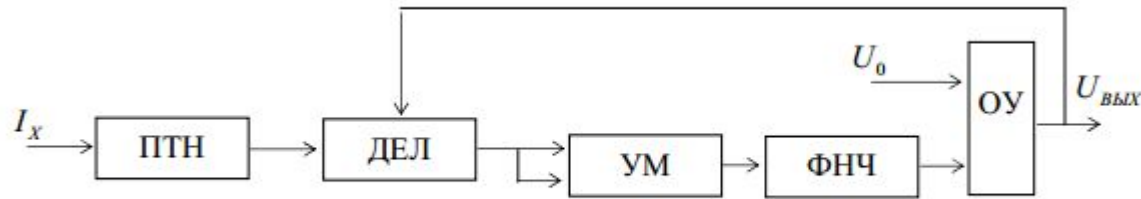


Сигналы на выходах блоков с учетом их функций преобразования будут иметь следующий вид:

– на выходе преобразователя тока в напряжение

$$U_{\text{ПТН}} = I_x K_{\text{ПТН}};$$

# Анализ режимов работы измерительного преобразователя

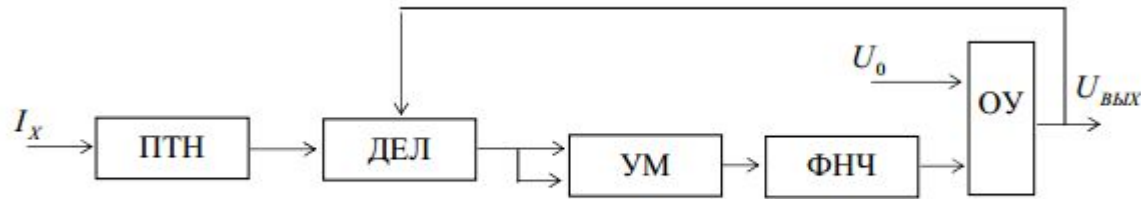


Сигналы на выходах блоков с учетом их функций преобразования будут иметь следующий вид:

– на выходе первого делителя

$$U_{\text{дел1}} = \frac{U_{\text{ПТН}}}{U_{\text{ВЫХ}}} K_{\text{дел}} = \frac{I_x K_{\text{ПТН}} K_{\text{дел}}}{U_{\text{ВЫХ}}};$$

# Анализ режимов работы измерительного преобразователя

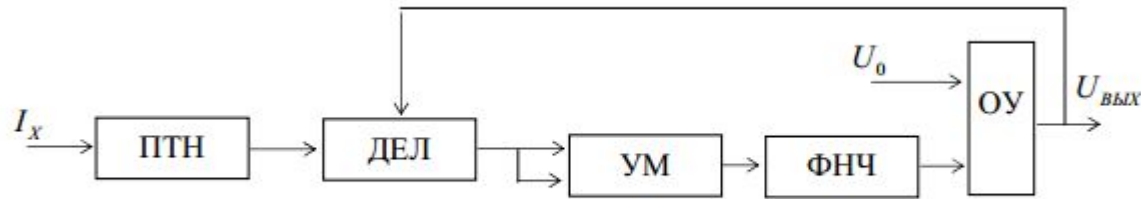


Сигналы на выходах блоков с учетом их функций преобразования будут иметь следующий вид:

– на выходе умножителя

$$U_{\text{ум}} = U_{\text{дел1}}^2 K_{\text{ум}} = \frac{I_x^2 K_{\text{ПТН}}^2 K_{\text{дел}}^2 K_{\text{ум}}}{U_{\text{ВЫХ}}^2};$$

# Анализ режимов работы измерительного преобразователя



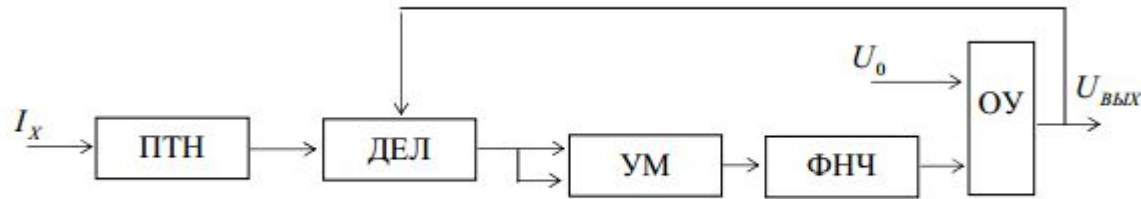
Сигналы на выходах блоков с учетом их функций преобразования будут иметь следующий вид:

– на выходе фильтра

$$U_{\text{ФНЧ}} = \frac{\bar{I}_x^2 K_{\text{ПТН}}^2 K_{\text{ДЕЛ}}^2 K_{\text{УМ}} K_{\text{ФНЧ}}}{U_{\text{ВЫХ}}^2};$$



# Анализ режимов работы измерительного преобразователя



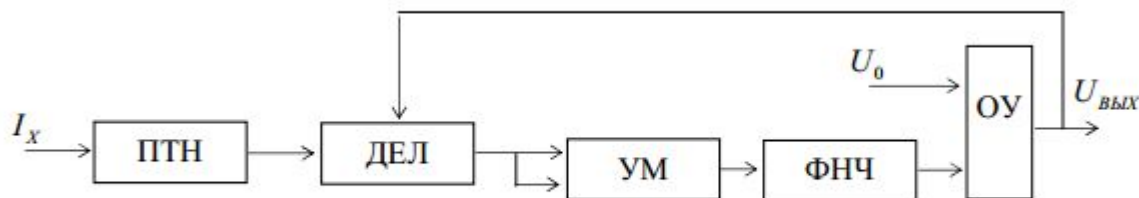
Сигналы на выходах блоков с учетом их функций преобразования будут иметь следующий вид:

– на выходе операционного усилителя

$$U_{\text{ВЫХ}} = (U_0 - U_{\text{ФНЧ}})K_{\text{У}} = \left( U_0 - \frac{\bar{I}_x^2 K_{\text{ПТН}}^2 K_{\text{ДЕЛ}}^2 K_{\text{УМ}} K_{\text{ФНЧ}}}{U_{\text{ВЫХ}}^2} \right) K_{\text{У}}.$$

где  $K_{\text{ПТН}}$ ,  $K_{\text{ФНЧ}}$ ,  $K_{\text{УМ}}$ ,  $K_{\text{У}}$  – коэффициенты преобразования(передачи) преобразователя тока в напряжение, делителя, фильтра низких частот, умножителя и выходного операционного усилителя соответственно. 9

# Анализ режимов работы измерительного преобразователя



Так как  $K_y \gg 1$ , можно записать, что  $(U_0 - U_{\text{ФНЧ}}) \rightarrow 0$ , следовательно,  $U_0 \approx U_{\text{ФНЧ}}$ . Откуда

$$U_0 = \frac{\bar{I}_x^2 K_{\text{ПТН}}^2 K_{\text{ДЕЛ}}^2 K_{\text{УМ}} K_{\text{ФНЧ}}}{U_{\text{ВЫХ}}^2};$$

$$U_{\text{ВЫХ}}^2 = \frac{\bar{I}_x^2 K_{\text{ПТН}}^2 K_{\text{ДЕЛ}}^2 K_{\text{УМ}} K_{\text{ФНЧ}}}{U_0};$$

$$U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{\frac{\bar{I}_x^2 K_{\text{ПТН}}^2 K_{\text{ДЕЛ}}^2 K_{\text{УМ}} K_{\text{ФНЧ}}}{U_0}}.$$

$$U_{\text{ВЫХ}} = I_{x\text{max}} \sqrt{\frac{K_{\text{ФНЧ}}}{2}}.$$

$$K_{\text{ФНЧ}} = 2.$$

# Разработка принципиальной схемы

## Умножитель

Для реализации умножителя выбираем микросхему AD734AQ, функциональная схема и цоколёвка которой показана на рисунке 3.1.

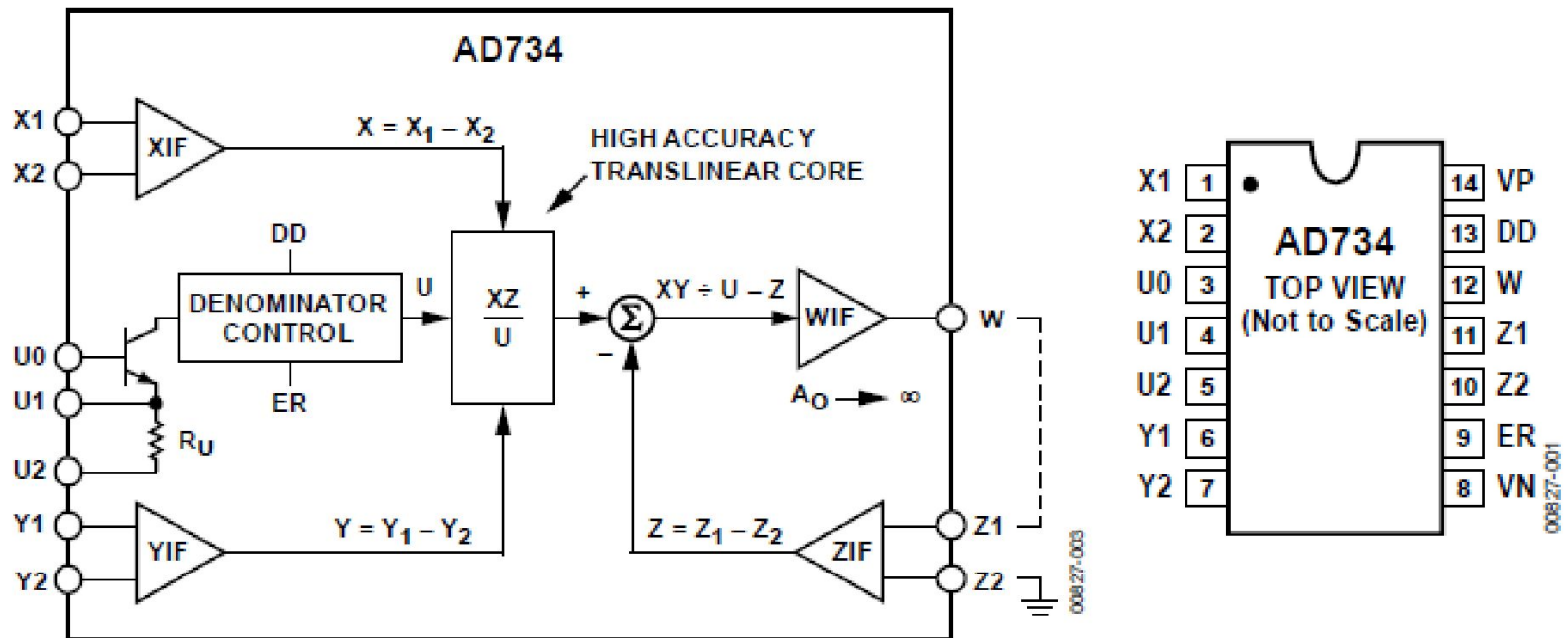


Рисунок 3.1 — Функциональная схема и цоколёвка микросхемы AD734AQ

# Разработка принципиальной схемы

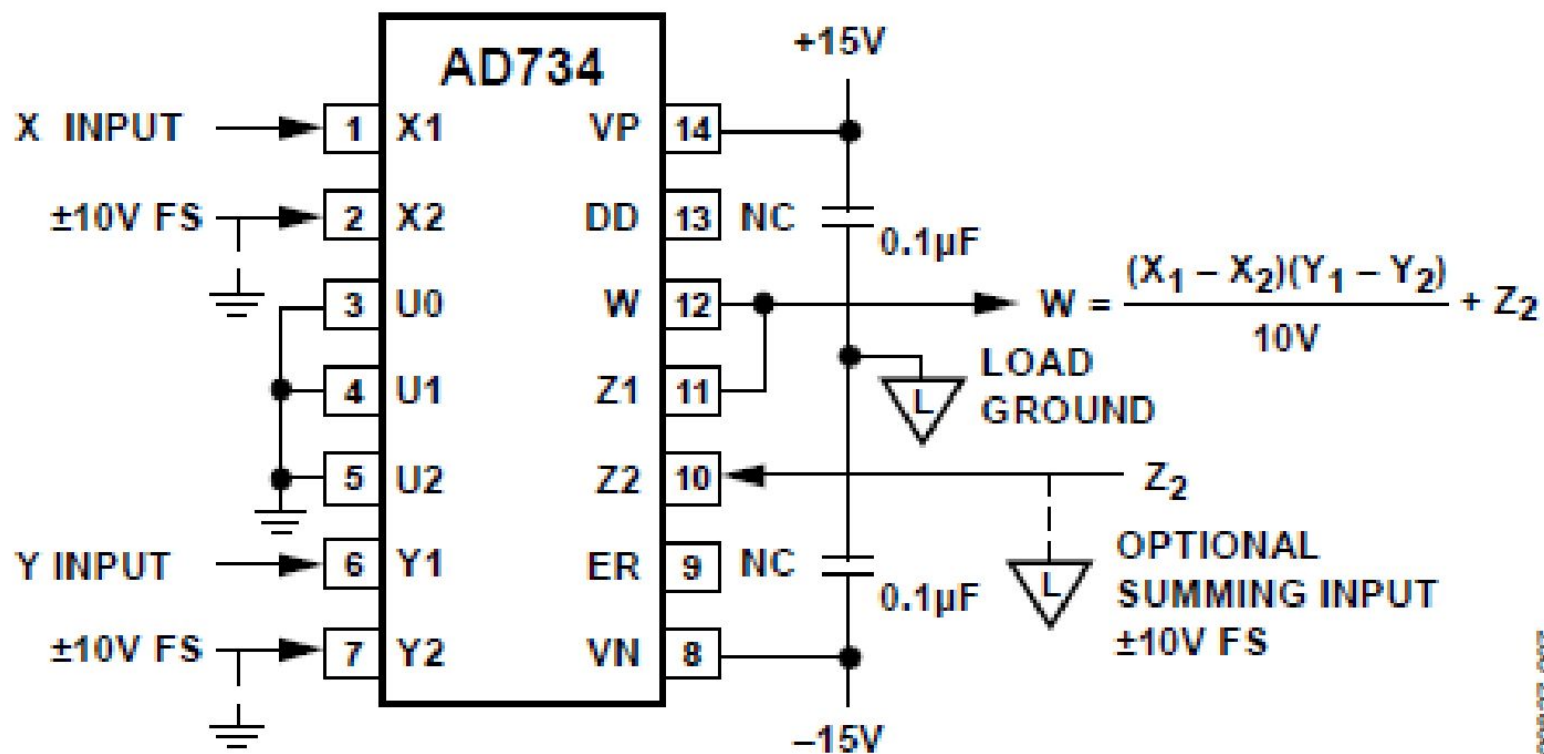
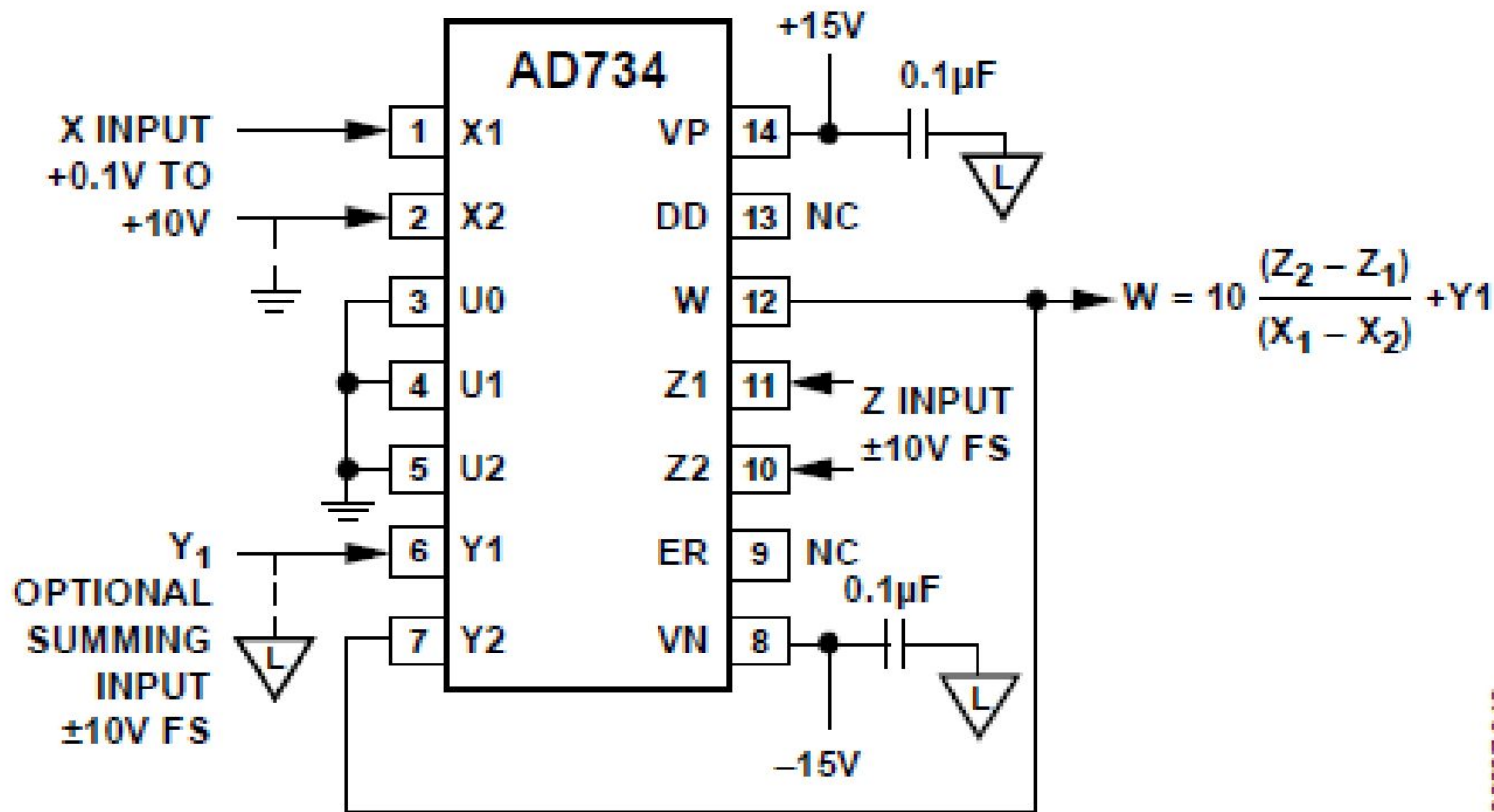


Рисунок 3.2 — AD734AQ в режиме умножителя

00827-007

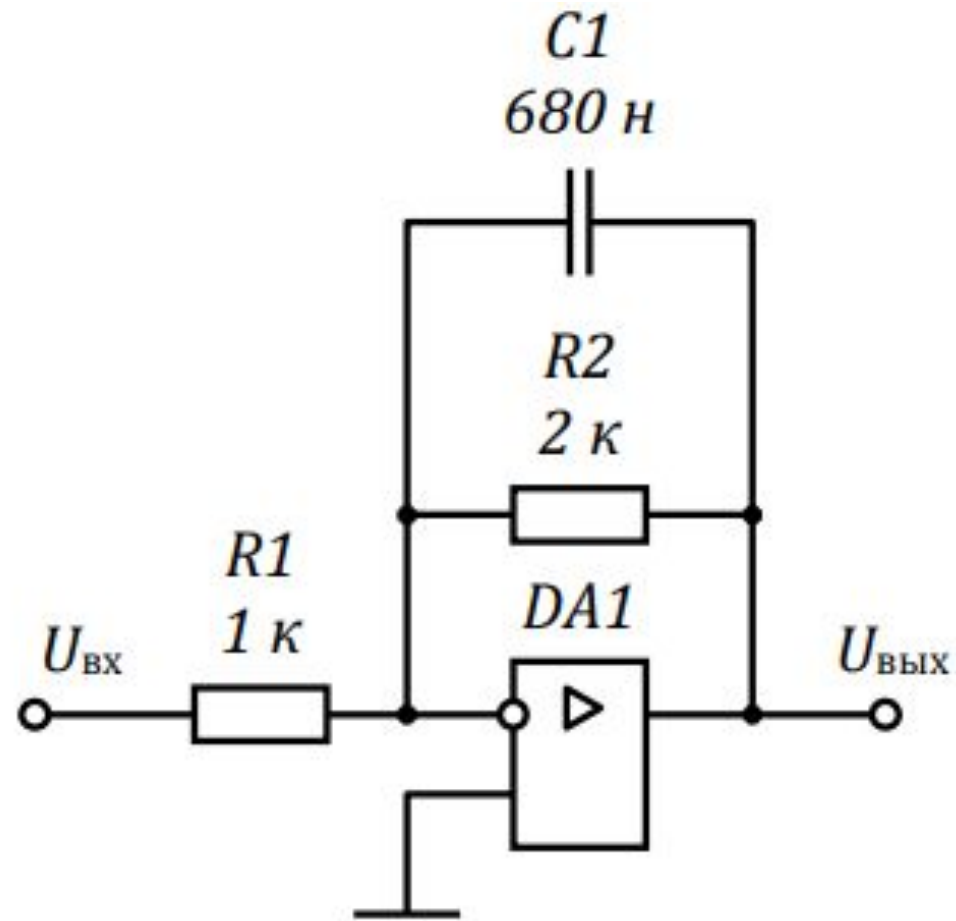
# Разработка принципиальной схемы



00827-010

Рисунок 3.3 — AD734AQ в режиме делителя

# Фильтр нижних частот



# Фильтр нижних частот

Максимальный коэффициент передачи в полосе пропускания составляет

$$K_{U0} = \frac{R_2}{R_1}.$$

Так как по расчётам, сделанным в предыдущем разделе  $K_{U0} = 2$ , то

$$R_2 = 2R_1.$$

Берём

$$R_1 = 1 \text{ кОм};$$

$$R_2 = 2 \text{ кОм}.$$

Верхняя граница полосы пропускания по уровню 0,707 вычисляется как

$$f_B = \frac{1}{2\pi R_2 C_1},$$

откуда

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f_B R_2} = \frac{1}{2\pi \cdot 110 \cdot 2000} = 0,723 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \approx 0,4 \text{ мкФ}.$$

Берём ближайшее стандартное значение

$$C_1 = 680 \text{ нФ}.$$

# Моделирование работы измерительного преобразователя

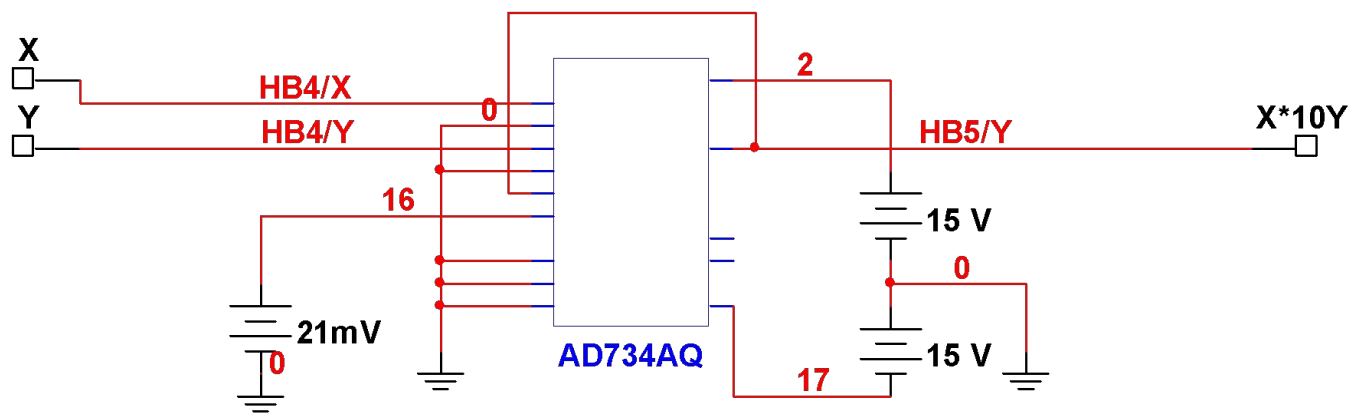


Рисунок 4.1 — Модель умножителя в симуляторе Multisim

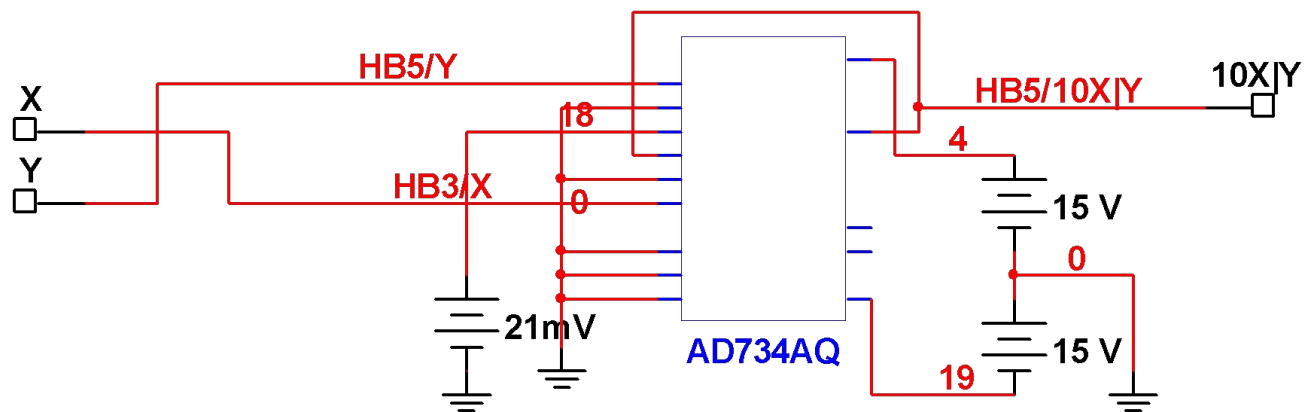


Рисунок 4.2 — Модель делителя в симуляторе Multisim



# Моделирование работы измерительного преобразователя

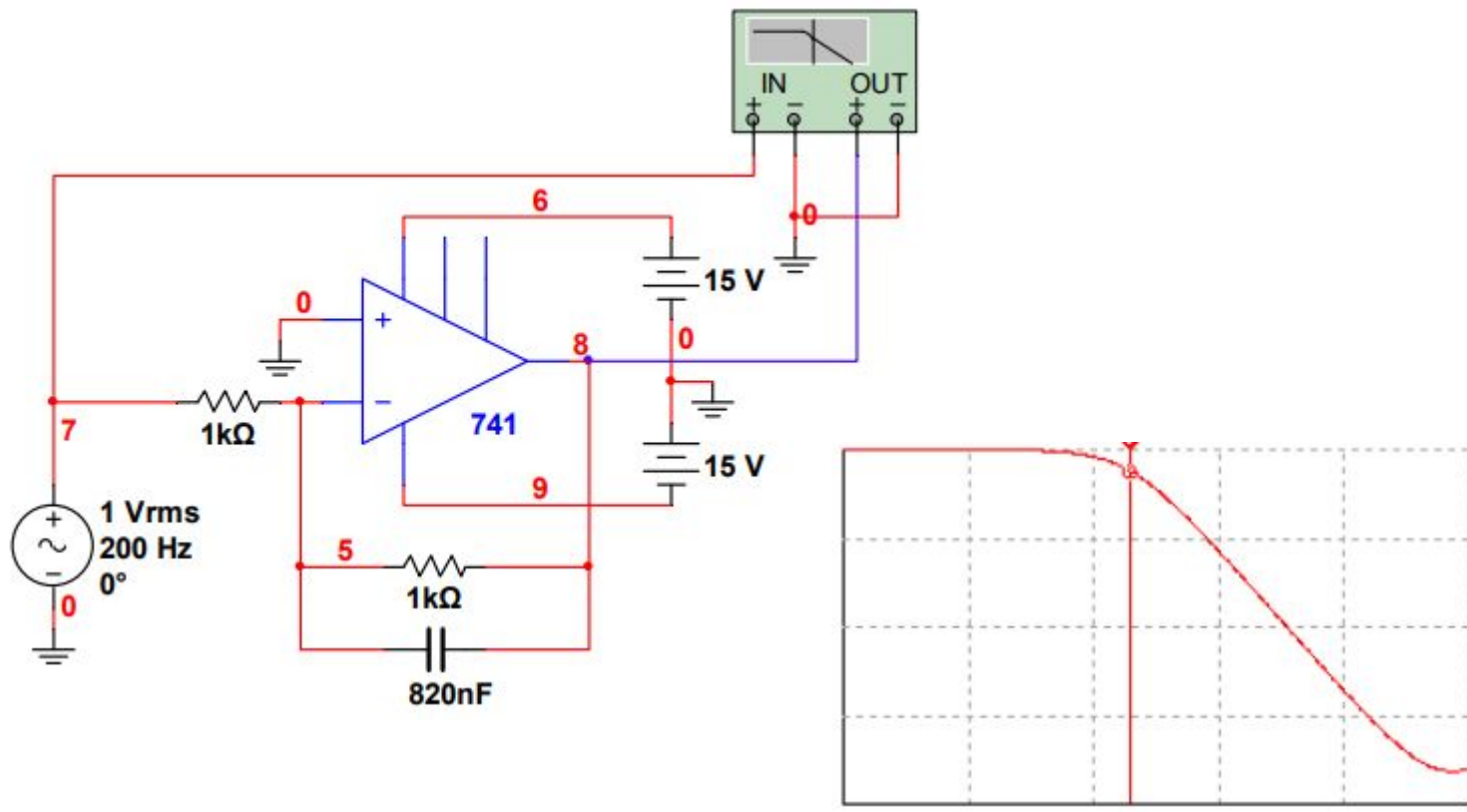


Рисунок 4.3 — Модель фильтра НЧ и его АЧХ в симуляторе Multisim

# Моделирование работы измерительного преобразователя

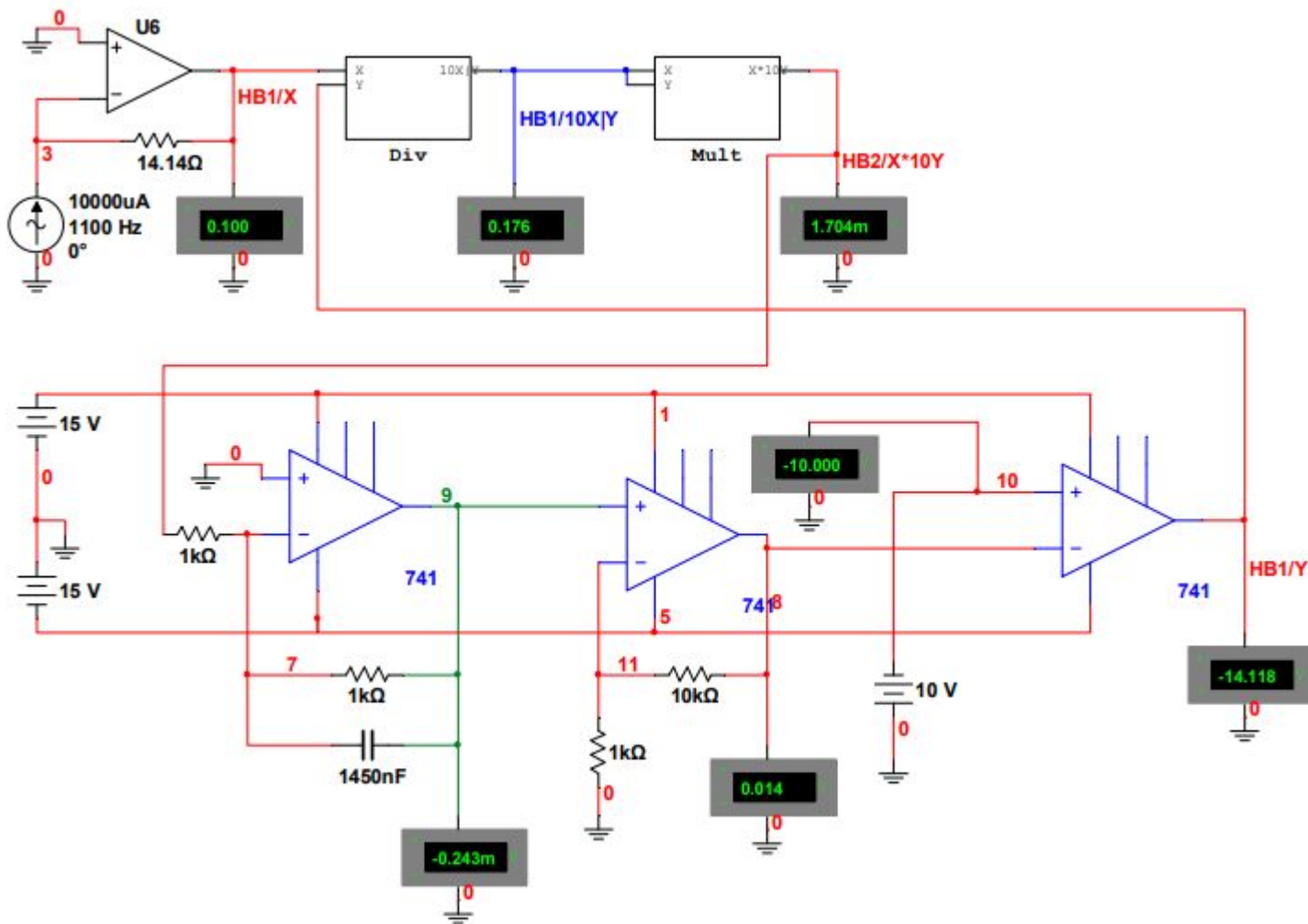


Рисунок 4.4 — Модель измерительного преобразователя

# Моделирование работы измерительного преобразователя

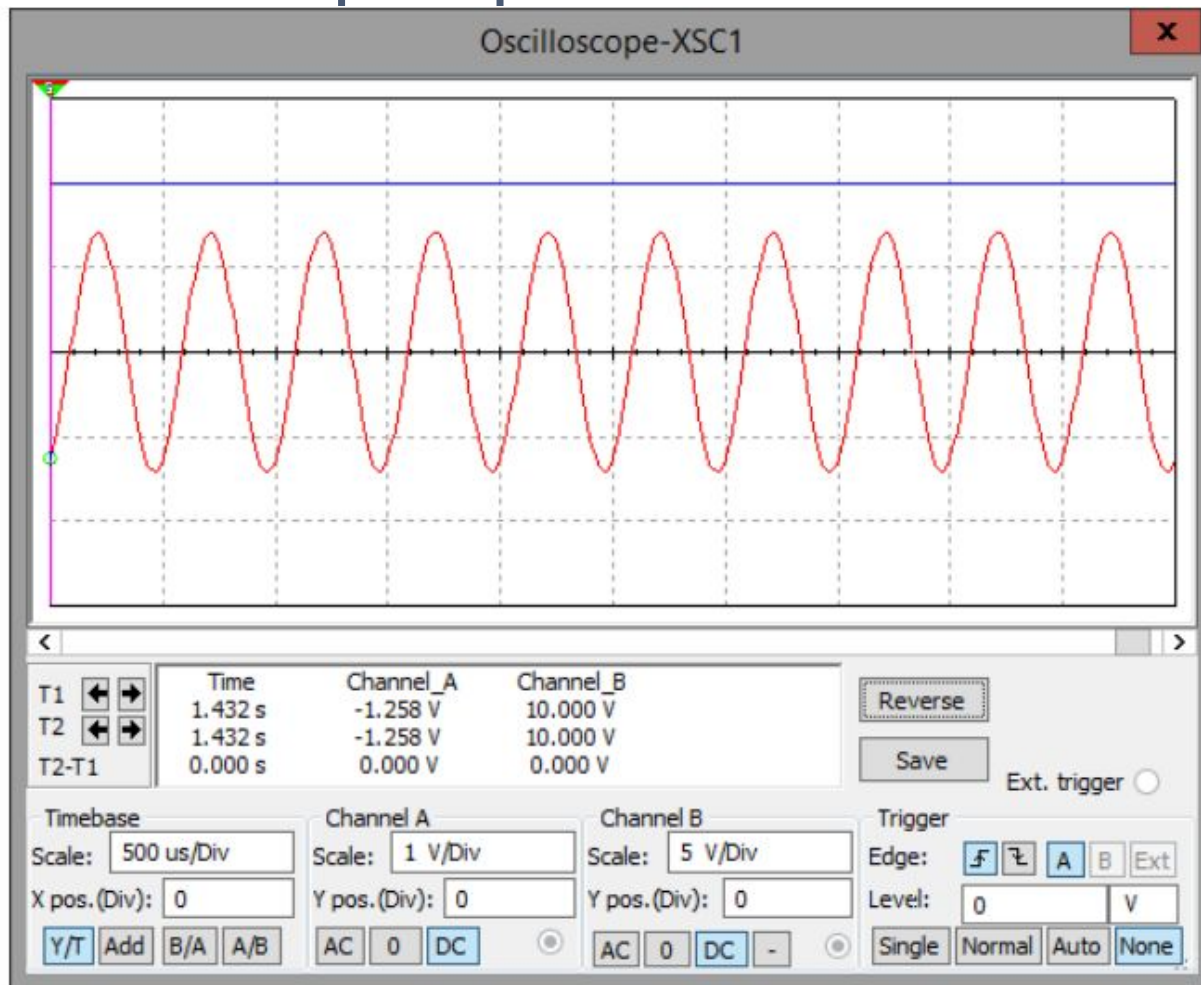
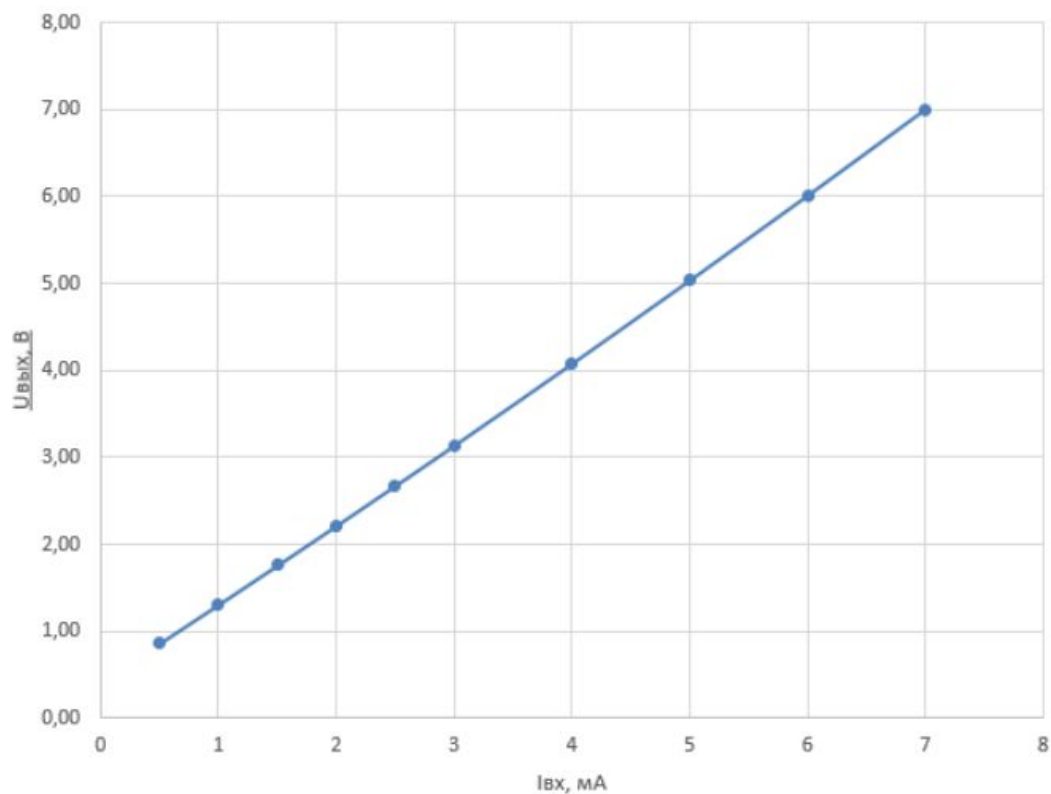


Рисунок 4.5 — Осциллограммы сигналов в схеме

# Расчет погрешности измерительного преобразователя

|                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| $U_{\text{ВХ.СКВ}}, \text{В}$     | 0,5  | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 4,0  | 5,0  | 6,0  | 7,0 |
| $U_{\text{ВЫХ}}, \text{В}$        | 0,86 | 1,31 | 1,76 | 2,22 | 2,67 | 3,14 | 4,08 | 5,03 | 6,01 | 7,0 |
| $U_{\text{ВЫХ.ТЕОР}}, \text{В}$   | 0,5  | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 4,0  | 5,0  | 6,0  | 7,0 |
| $\Delta U_{\text{ВЫХ}}, \text{В}$ | 0,36 | 0,31 | 0,26 | 0,22 | 0,17 | 0,14 | 0,08 | 0,03 | 0,01 | 0   |



# Заключение

В процессе работы над проектом был разработан измерительный преобразователь, который преобразует входной ток в диапазоне  $0,5 \dots 7$  мА в выходное напряжение в диапазоне  $0,5 \dots 7$  В.

В качестве основного элемента, выполняющего аналоговые арифметические операции, использована микросхема AD734, которая в зависимости от схемы включения выполняет функции перемножителя или делителя.

Линейность преобразователя оказалась невысока, особенно это заметно у нижней границы диапазона входных токов. Связано это, по всей видимости, со смещением микросхемы AD734 в районе нулевых выходных напряжений, которое не удаётся скомпенсировать.

**Спасибо за внимание!**