

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт компьютерных наук и кибербезопасности  
Высшая школа компьютерных технологий и информационных систем

## **Отчёт по лабораторной работе № 8**

Дисциплина: Электронные устройства ЭВМ

Тема: Генераторы прямоугольных импульсов на интегральных схемах

Выполнили студенты гр. 5130901/10101 \_\_\_\_\_ М.Т. Непомнящий  
(подпись)

\_\_\_\_\_ Д. И. Кирсанов  
(подпись)

Руководитель \_\_\_\_\_ А .А. Лавров  
(подпись)

Санкт-Петербург

2024

## Оглавление

1.	Цели работы .....	3
2.	Исходные данные .....	3
3.	Исследование схем нелинейных преобразователей.....	3
3.1.	Схема 1 – Выпрямитель на основе ОУ .....	3
	Расчёт параметров и построение схемы .....	3
	Снятие и анализ данных .....	4
	Построение графика .....	5
3.2.	Схема 2 – Двухсторонний усилитель-ограничитель на основе ОУ.....	5
	Расчёт параметров и сборка схемы .....	5
	Снятие и анализ данных .....	7
	Построение графика, осциллограммы .....	7
	Подключение синусоидального сигнала .....	8
3.3.	Схема 3 – Суммирующее устройство сравнения на основе ОУ .....	10
	Расчет параметров и сборка схемы .....	10
	1) Схема без диода .....	10
	Снятие и анализ данных .....	10
	Построение графика, осциллограммы .....	11
	2) Схема с диодом .....	13
4.	Вывод.....	15

## 1. Цели работы

Целью данной работы является исследование ряда типовых нелинейных преобразователей сигналов на основе ОУ, таких как выпрямители, усилители-ограничители, устройства сравнения и триггеры.

## 2. Исходные данные

Вариант по заданию: 6

$K_1 = 5$  – Коэффициент наклона выпрямителя на основе ОУ

$K_2 = 0,5$  – Коэффициент наклона передаточных характеристик усилителя в отрицательной области

$K_3 = 0,3$  – Коэффициент наклона передаточных характеристик усилителя в положительной области

$U_{огр}^+(B) = 4\text{ В}$  – Уровень напряжения, при котором открывается диод  $D_1$

$U_{огр}^-(B) = -4\text{ В}$  – Уровень напряжения, при котором открывается диод  $D_2$

$U_{оп}(B) = 3\text{ В}$  – Напряжение, сравниваемое с  $E_c$  в схеме усилителя ограничителя

$\Delta E_c(B) = 5\text{ В}$  – ширина гистерезиса в суммирующем триггере

$U_{вых}^+(B) = +15\text{ В}$  – положительное напряжение, выдаваемое суммирующим триггером

$U_{вых}^-(B) = -15\text{ В}$  – отрицательное напряжение, выдаваемое суммирующим триггером

$U_{оу}(B) = E_{01} = E_{02} = \pm 15\text{ В}$  – напряжение питания операционного усилителя

$U_{отп}(B) = 0,69\text{ В}$  – напряжение отпираания диода в суммирующем триггере

## 3. Исследование схем нелинейных преобразователей

В ходе лабораторной работы по исследованию принципа работы нелинейных преобразователей на стенде, а также средствами программного редактора Proteus, было собрано 3 схемы: выпрямитель на основе ОУ (рис. 1), двусторонний усилитель (рис. 7), а также схема суммирующего устройства сравнения на основе ОУ (рис. 15).

### 3.1. Схема 1 – Выпрямитель на основе ОУ

#### Расчёт параметров и построение схемы

Согласно заданию, необходимо было собрать схему, изображённую на Рис. 1 со следующими параметрами:

$$R_1 = 20\text{ кОм}$$

$$R_2 = K_1 \cdot R_1 = 5 \cdot 20 = 100\text{ кОм}$$

$$R_H = 10\text{ кОм}$$

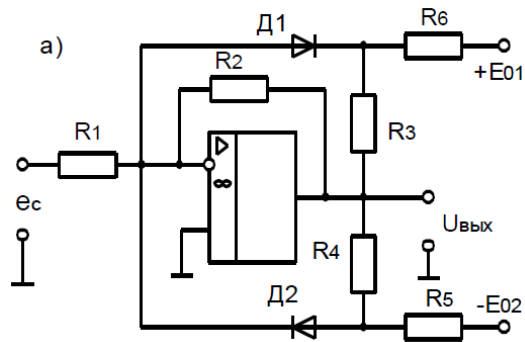


Рис. 4 – Схема усилителя-ограничителя на основе ОУ

Значения  $R_1, R_2$  берутся из пункта 3.1. Исследуемая схема представлена на Рис. 4

$$R_3 = \frac{K_2 \cdot R_2}{(K_1 - K_2)} = \frac{0,5 \cdot 100 \cdot 10^3}{(5 - 0,5)} = \frac{50 \cdot 10^3}{4,5} = 11,11 \text{ кОм}$$

$$R_4 = \frac{K_3 \cdot R_2}{(K_1 - K_3)} = \frac{0,3 \cdot 100 \cdot 10^3}{(5 - 0,3)} = \frac{30 \cdot 10^3}{4,7} = 6,38 \text{ кОм}$$

$$E_{02} = E_{01} = 15 \text{ В} \rightarrow R_5 = \frac{E_{02} \cdot R_4}{U_{\text{орп}}^+} = \frac{6382,98 \cdot 15}{4} \approx 23936,15 \text{ Ом} \approx 23,94 \text{ кОм}$$

$$R_6 = \frac{E_{01} \cdot R_3}{U_{\text{орп}}^-} = \frac{-11111,11 \cdot 15}{-4} \approx 41666,66 \text{ Ом} \approx 41,67 \text{ кОм}$$

$$E_{c1} = \frac{R_4 \cdot E_{02}}{R_5 \cdot K_1} = \frac{6,38 \cdot 15}{23,94 \cdot 5} \approx 0,799 \text{ В}$$

$$E_{c2} = \frac{R_3 \cdot E_{01}}{R_6 \cdot K_1} = \frac{11111,11 \cdot 15}{41666,66 \cdot 5} = 0,8 \text{ В}$$

Для построения схемы воспользуемся системой автоматизированного проектирования Proteus:

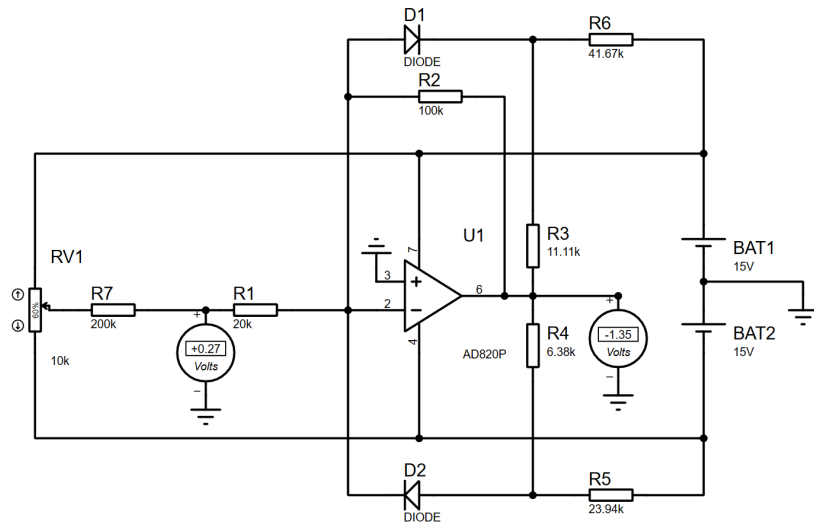


Рис. 5 – Схема усилителя-ограничителя на основе ОУ в Proteus

### 3.3. Схема 3 – Суммирующее устройство сравнения на основе ОУ

#### Расчет параметров и сборка схемы

Схема устройства сравнения, рассматриваемого в данном пункте, представлена на ниже:

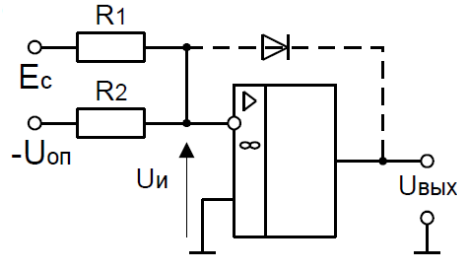


Рис. 12 – Схема суммирующего устройства сравнения на основе ОУ

Значения  $R_1, R_2$  берутся из пункта 3.1. Исследуемая схема изображена на Рис. 9.

$E_{c1} = \frac{U_{оп}}{K_1} = \frac{3}{5} = 0,6$  – пороговое напряжение, при достижении которого изменяется напряжение на выходе схемы.

$U_{отп} = 0,65$  В – напряжение отпираия используемого диода

#### 1) Схема без диода

Соберём заданную схему в Proteus:

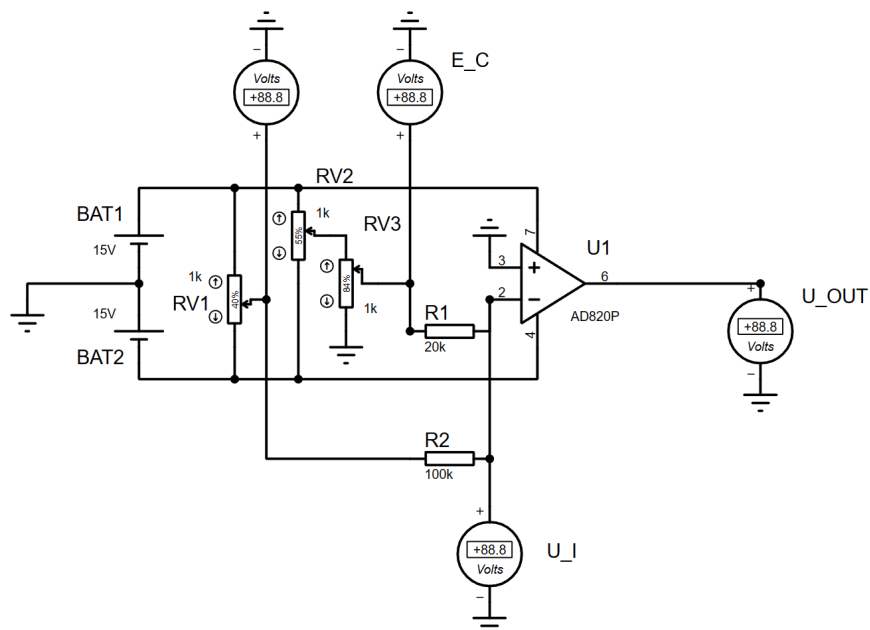


Рис. 13 – Схема 3 (без диода)

#### Снятие и анализ данных

Возьму несколько точек в диапазоне  $E_c$  [0; 3] В так, чтобы был заметен момент переключения схемы и напряжение  $U_{отп}$  в переключенном режиме.

#### 4. Вывод

В ходе данной лабораторной работы мы исследовали нелинейные преобразователи сигналов на основе операционных усилителей, представленные в виде выпрямителя, усилителя-ограничителя, сравнивающего устройства и суммирующего триггера.

1. Первая схема, усилитель-выпрямитель, обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным однополупериодным выпрямителем. Её начальный участок с уменьшенным коэффициентом усиления позволяет получать выходное напряжение даже до достижения входным напряжением уровня отпирания диода.
2. Схема двухстороннего усилителя-ограничителя представляет собой устройство, которое подает на выход схемы уровень напряжения, равный входному, умноженному на соответствующий коэффициент усиления. При построении графика согласно полученным результатам получилась линия, обладающая двумя изгибами, обусловленными наличием коэффициентов  $K_2 = 0,5$  и  $K_3 = 0,3$  (теор. значения), которые почти в точности совпали с экспериментальными значениями ( $K_2 = 0,52$ ,  $K_3 = 0,32$ ). Далее был добавлен синусоидальный сигнал на вход и найдено примерное значение амплитуды, при которой начал проявляться срез на осциллограмме (величина амплитуды оказалась равна  $\approx 4,6$  В).
3. Суммирующее устройство сравнения также было исследовано с точки зрения его работы без и с диодом. Мы выяснили, что данное устройство успешно переключается при достижении порогового напряжения, что делает его полезным для реализации различных логических операций. В нашем случае падение напряжения до напряжения отпирания  $U_{отп}$  диода происходило при достижении  $E_c \approx 0,618$  В. Схема обладает высокой точностью сравнения, что делает её полезной в различных приложениях, требующих сравнения малых напряжений. Также, в схему позже был добавлен диод, который исключил  $E_c^-$ , вследствие того, что  $U_i$  была положительна на всех участках, где до этого  $E_c$  имела отрицательное значение.

Таким образом, результаты нашего исследования подтверждают эффективность использования нелинейных преобразователей сигналов на базе операционных усилителей и их широкий спектр применения в различных технических системах.