

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерных систем и сетей
Кафедра электронных вычислительных машин

Лабораторная работа №4
«Исследование характеристик аналоговых компараторов напряжения»

Выполнили

ст. гр. 350503
Ганецкий В. В.
Губаревич А. В.

Проверил

Горченок А. С.

Минск 2025

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является:

- ознакомление с характеристиками аналоговых компараторов напряжения;
- исследование работы однопорогового компаратора;
- исследование работы гистерезисного компаратора.

2 ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

2.1 Получение передаточной характеристики однопорогового компаратора

2.1.1 С помощью элементов управления ВП установим диапазон изменения входного сигнала (рекомендуемые значения $U_{\text{вх},\min} = -10 \text{ В}$, $U_{\text{вх},\max} = 10 \text{ В}$) и пределы изменения выходного сигнала (рекомендуемые значения $U_{\text{вых},\min} = -10 \text{ В}$, $U_{\text{вых},\max} = 10 \text{ В}$).

2.1.2 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = 0 \text{ В}$. Нажмем кнопку «Измерение». На графическом индикаторе ВП появится изображение передаточной характеристики компаратора (рисунок 2.1).

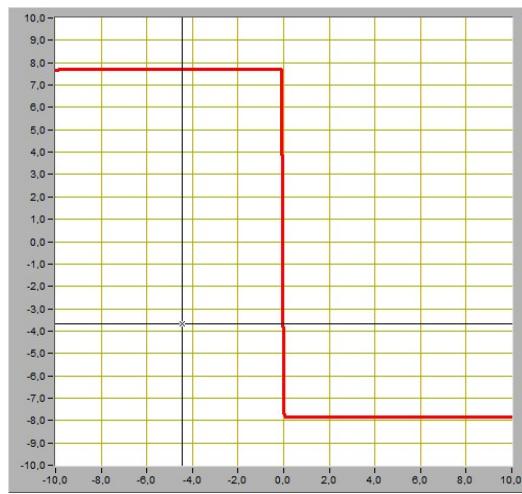


Рисунок 2.1 – Передаточная характеристика компаратора при $U_{\text{пор}} = 0 \text{ В}$

2.1.3 Определим по передаточной характеристике значения положительного $U_{\text{вых+}} = 7,79 \text{ В}$ и отрицательного $U_{\text{вых-}} = -7,87 \text{ В}$ выходных напряжений компаратора.

2.1.4 Величина входного сигнала $U_{\text{вх}}$, при котором происходит переключение компаратора, равна $U_{\text{вх}} = -0,01 \text{ В}$.

2.1.5 Для второго случая было установлено $U_{\text{пор}} = -2,5 \text{ В}$. На рисунке 2.2 изображена соответствующая передаточная характеристика компаратора.

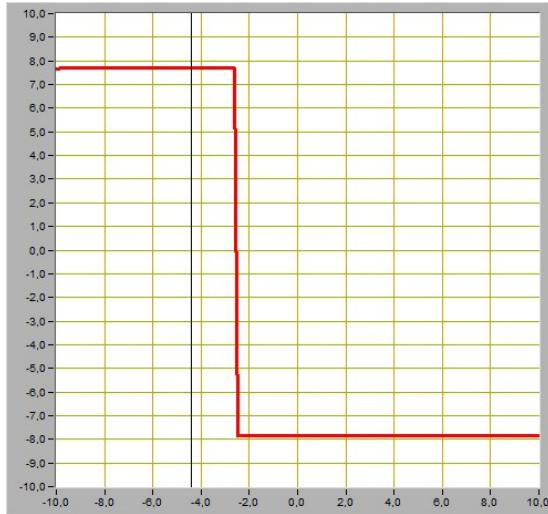


Рисунок 2.2 – Передаточная характеристика компаратора при
 $U_{\text{ПОР}} = -2,5 \text{ В}$

Определим по передаточной характеристике значения положительного $U_{\text{вых}+} = 7,79 \text{ В}$ и отрицательного $U_{\text{вых}-} = -7,87 \text{ В}$ выходных напряжений компаратора.

Величина входного сигнала $U_{\text{вх}}$, при котором происходит переключение компаратора, равна $U_{\text{вх}} = -2,51 \text{ В}$.

2.1.6 Для третьего случая было установлено $U_{\text{ПОР}} = 1,7 \text{ В}$. На рисунке 2.3 изображена соответствующая передаточная характеристика компаратора.

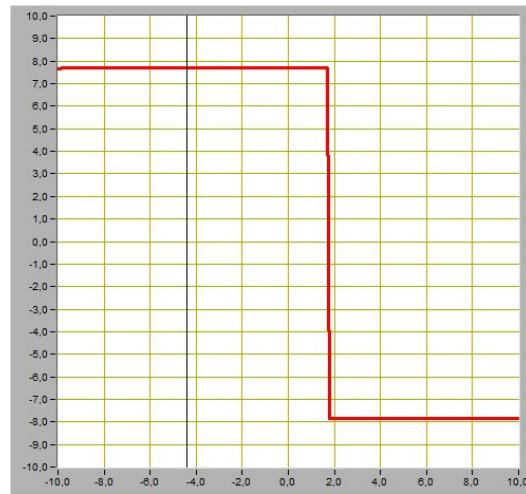


Рисунок 2.3 – Передаточная характеристика компаратора при
 $U_{\text{ПОР}} = 1,7 \text{ В}$

Определим по передаточной характеристике значения положительного $U_{\text{вых}+} = 7,79 \text{ В}$ и отрицательного $U_{\text{вых}-} = -7,87 \text{ В}$ выходных напряжений компаратора.

Величину входного сигнала $U_{\text{вх}}$, при котором происходит переключение компаратора, равна $U_{\text{вх}} = 1,69$ В.

2.2 Исследование работы однопорогового компаратора

2.2.1 С помощью элементов управления ВП установим следующий режим измерения: форма сигнала – синусоидальная, частота сигнала – 200 Гц, амплитуда входного сигнала 7,0 В.

2.2.2 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = 0$ В. На графическом индикаторе появится изображение входного и выходного сигналов компаратора (рисунок 2.4).

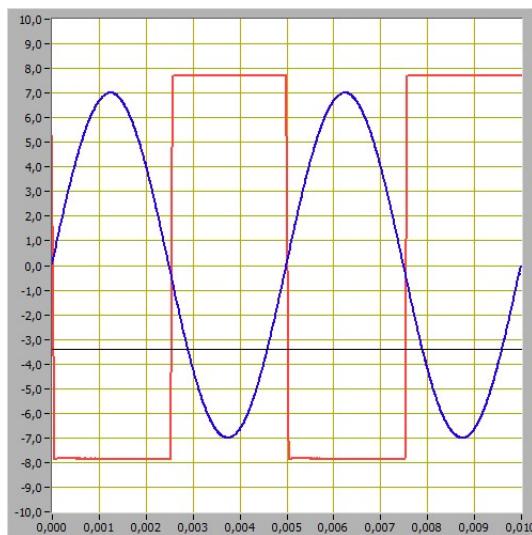


Рисунок 2.4— Входной и выходной сигналов компаратора
при синусоидальной форме сигнала и $U_{\text{пор}} = 0$ В

2.2.3 Используя изображение входного сигнала на графическом индикаторе ВП, определим с помощью горизонтальной визирной линии ВП пороговое значение входного напряжения $U_{\text{вх.пор}} = -0,14$ В.

2.2.4 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = -5$ В. На графическом индикаторе появится изображение входного и выходного сигналов компаратора (рисунок 2.5).

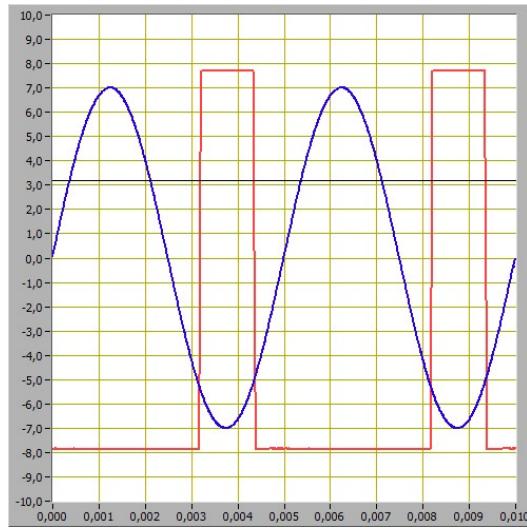


Рисунок 2.5 – Входной и выходной сигналов компаратора
при синусоидальной форме сигнала и $U_{\text{ПОР}} = -5 \text{ В}$

Используя изображение входного сигнала на графическом индикаторе ВП, определим с помощью горизонтальной визирной линии ВП пороговое значение входного напряжения $U_{\text{вх.пор}} = -5,12 \text{ В}$.

2.2.5 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = 5 \text{ В}$. На графическом индикаторе появится изображение входного и выходного сигналов компаратора (рисунок 2.6).

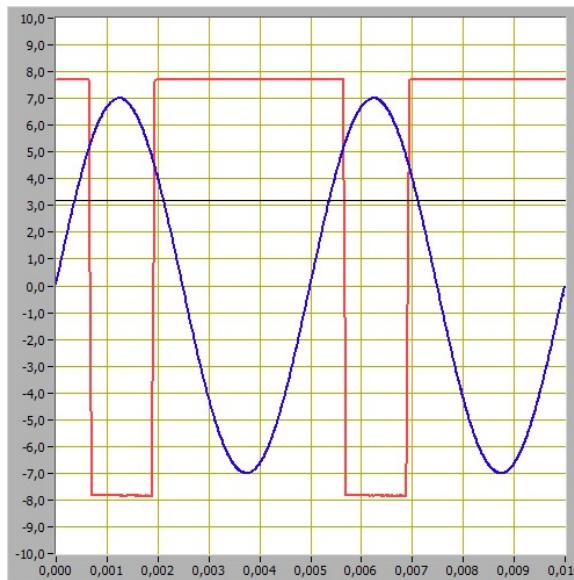


Рисунок 2.6 – Входной и выходной сигналов компаратора
при синусоидальной форме сигнала и $U_{\text{ПОР}} = 5 \text{ В}$

Используя изображение входного сигнала на графическом индикаторе ВП, определим с помощью горизонтальной визирной линии ВП пороговое значение входного напряжения $U_{\text{вх.пор}} = 5,12 \text{ В}$.

2.2.6 С помощью элементов управления ВП установим следующий режим измерения: форма сигнала – прямоугольная, частота сигнала – 200 Гц, амплитуда входного сигнала 7,0 В.

2.2.7 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = 0 \text{ В}$. На графическом индикаторе появится изображение входного и выходного сигналов компаратора (рисунок 2.7).

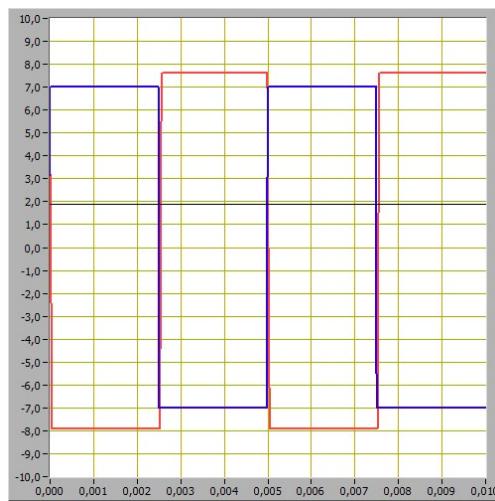


Рисунок 2.7 – Входной и выходной сигналов компаратора
при прямоугольной форме сигнала и $U_{\text{ПОР}} = 0 \text{ В}$

Определить $U_{\text{вх.пор}}$ нельзя, так как сигнал меняется слишком быстро.

2.2.8 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = -5 \text{ В}$. На графическом индикаторе появится изображение входного и выходного сигналов компаратора (рисунок 2.8).

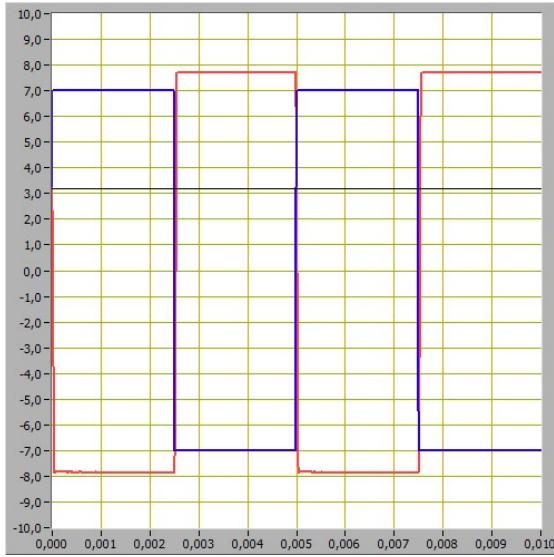


Рисунок 2.8 – Входной и выходной сигналов компаратора
при прямоугольной форме сигнала и $U_{\text{ПОР}} = -5 \text{ В}$

Определить $U_{\text{вх.пор}}$ по графику нельзя, так как сигнал меняется слишком быстро.

2.2.9 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = 5 \text{ В}$. На графическом индикаторе появится изображение входного и выходного сигналов компаратора (рисунок 2.9).

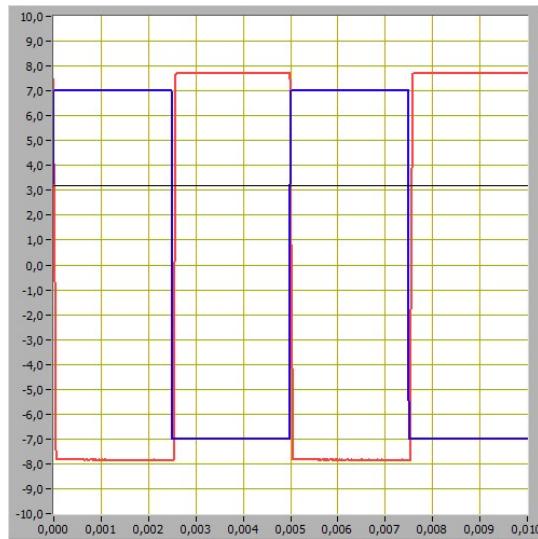


Рисунок 2.9 – Входной и выходной сигналов компаратора
при прямоугольной форме сигнала и $U_{\text{ПОР}} = 5 \text{ В}$

Определить $U_{\text{вх.пор}}$ нельзя, так как сигнал меняется слишком быстро.

2.2.10 С помощью элементов управления ВП установим следующий режим измерения: форма сигнала – пилообразная, частота сигнала – 200 Гц, амплитуда входного сигнала 7,0 В.

2.2.11 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = 0$ В. На графическом индикаторе появится изображение входного и выходного сигналов компаратора (рисунок 2.10).

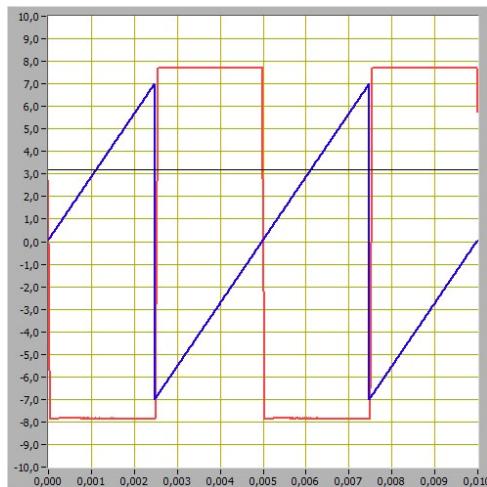


Рисунок 2.10 – Входной и выходной сигналов компаратора при пилообразной форме сигнала и $U_{\text{пор}} = 0$ В

Используя изображение входного сигнала на графическом индикаторе ВП, определим с помощью горизонтальной визирной линии ВП пороговое значение входного напряжения $U_{\text{вх.пор}} = 0$ В.

2.2.12 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = -5$ В. На графическом индикаторе появится изображение входного и выходного сигналов компаратора (рисунок 2.11).

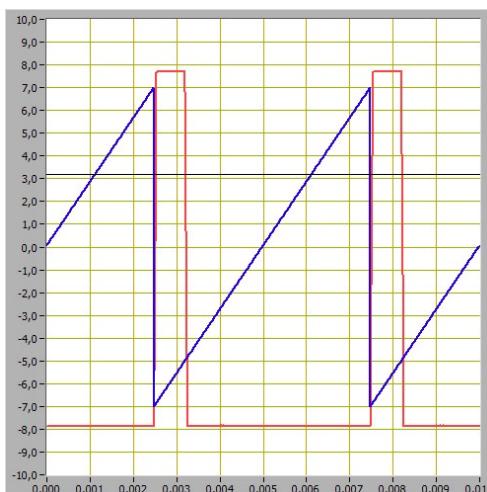


Рисунок 2.11 – Входной и выходной сигналов компаратора при пилообразной форме сигнала и $U_{\text{ПОР}} = -5 \text{ В}$

Используя изображение входного сигнала на графическом индикаторе ВП, определим с помощью горизонтальной визирной линии ВП пороговое значение входного напряжения $U_{\text{вх.пор}} = -4,95 \text{ В}$.

2.2.13 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = 5 \text{ В}$. На графическом индикаторе появится изображение входного и выходного сигналов компаратора (рисунок 2.12).

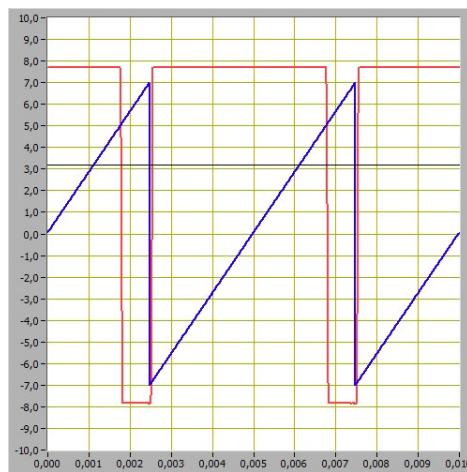


Рисунок 2.12 – Входной и выходной сигналов компаратора при пилообразной форме сигнала и $U_{\text{ПОР}} = 5 \text{ В}$

Используя изображение входного сигнала на графическом индикаторе ВП, определим с помощью горизонтальной визирной линии ВП пороговое значение входного напряжения $U_{\text{вх.пор}} = 5 \text{ В}$.

2.2.14 С помощью элементов управления ВП установим следующий режим измерения: форма сигнала – треугольной, частота сигнала – 200 Гц, амплитуда входного сигнала 7,0 В.

2.2.15 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = 0 \text{ В}$. На графическом индикаторе появится изображение входного и выходного сигналов компаратора (рисунок 2.13).

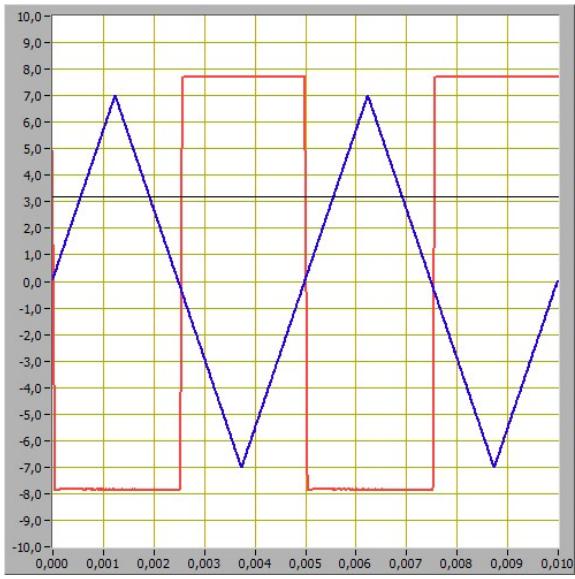


Рисунок 2.13 – Входной и выходной сигналов компаратора
при треугольной форме сигнала и $U_{\text{ПОР}} = 0 \text{ В}$

Используя изображение входного сигнала на графическом индикаторе ВП, определим с помощью горизонтальной визирной линии ВП пороговое значение входного напряжения $U_{\text{вх.пор}} = -0,05 \text{ В}$.

2.2.16 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = -5 \text{ В}$. На графическом индикаторе появится изображение входного и выходного сигналов компаратора (рисунок 2.14).

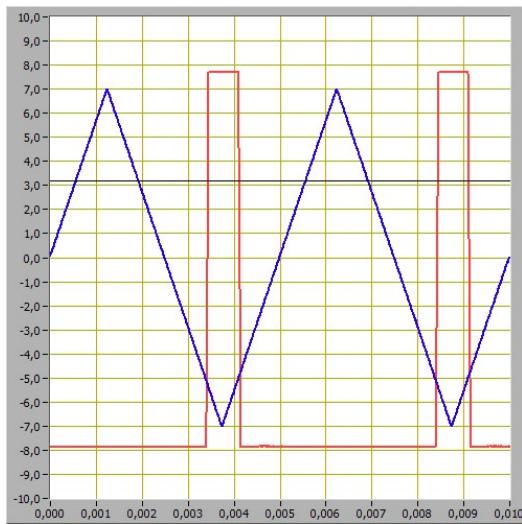


Рисунок 2.14 – Входной и выходной сигналов компаратора
при треугольной форме сигнала и $U_{\text{ПОР}} = -5 \text{ В}$

Используя изображение входного сигнала на графическом индикаторе ВП, определим с помощью горизонтальной визирной линии ВП пороговое значение входного напряжения $U_{\text{ВХ.пор}} = -4,98 \text{ В}$.

2.2.17 С помощью ползункового регулятора установим порог срабатывания компаратора $U_{\text{пор}} = 5 \text{ В}$. На графическом индикаторе появится изображение входного и выходного сигналов компаратора (рисунок 2.15).

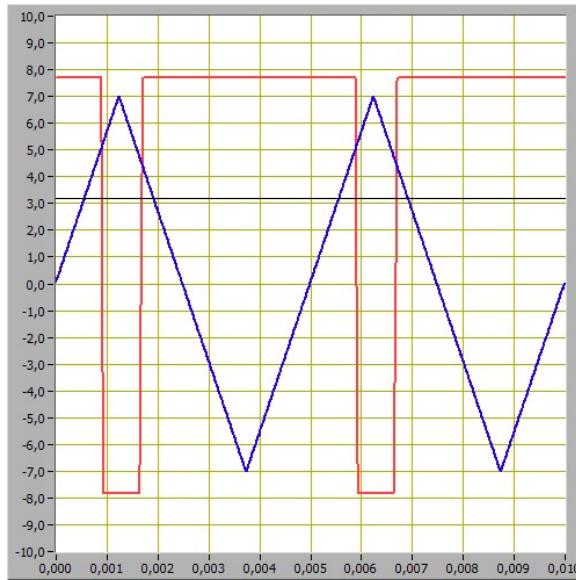


Рисунок 2.15 – Входной и выходной сигналов компаратора
при треугольной форме сигнала и $U_{\text{пор}} = 5 \text{ В}$

Используя изображение входного сигнала на графическом индикаторе ВП, определим с помощью горизонтальной визирной линии ВП пороговое значение входного напряжения $U_{\text{ВХ.пор}} = 5,1 \text{ В}$.

2.3 Получение передаточной характеристики гистерезисного компаратора

2.3.1 С помощью ползункового регулятора установите порог срабатывания компаратора $U_{\text{см}} = 0 \text{ В}$, при данном значении изображение передаточной характеристики компаратора принимает вид, представленный на рисунке 2.16.

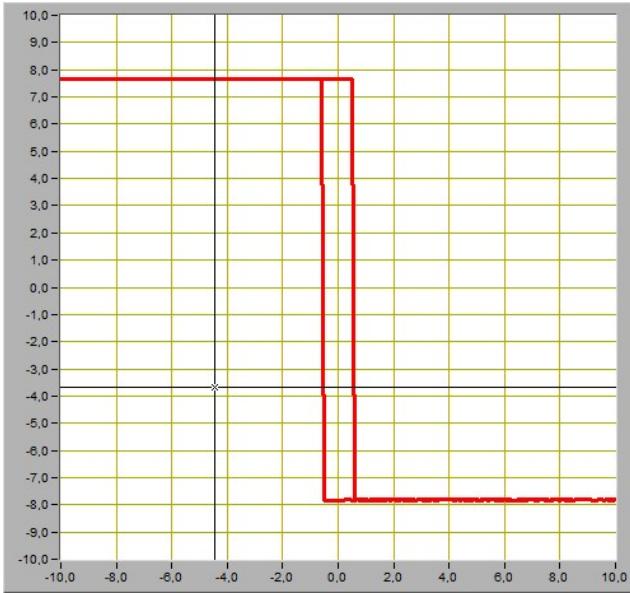


Рисунок 2.16 – Передаточная характеристика компаратора при $U_{CM} = 0$ В

2.3.2 По передаточной характеристике было определено значения положительного $U_{вых+}$ и отрицательного $U_{вых-}$ выходных напряжений компаратора, а также уровни переключения компаратора U_{CP} и U_{OT} .

$$U_{вых+} = 7,6 \text{ В}$$

$$U_{вых-} = -7,81 \text{ В}$$

$$U_{CP} = 0,57 \text{ В}$$

$$U_{OT} = -0,57 \text{ В}$$

2.3.3 Напряжения срабатывания и отпускания компаратора были вычислены по следующим формулам:

$$U_{CP} = \frac{\frac{U_{CM}}{R_2} + \frac{U_{вых+}}{R_4}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

$$U_{OT} = \frac{\frac{U_{CM}}{R_2} + \frac{U_{вых-}}{R_4}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

$$U_{CP} = 0,578 \text{ В}$$

$$U_{OT} = -0,59 \text{ В}$$

2.3.4 С помощью ползункового регулятора установите порог срабатывания компаратора U_{CM} равным -10 В, -5 В, 5 В и $+10$ В., при данных значениях

изображения передаточной характеристики компаратора принимают виды, представленные на рисунках 2.17 – 2.20.

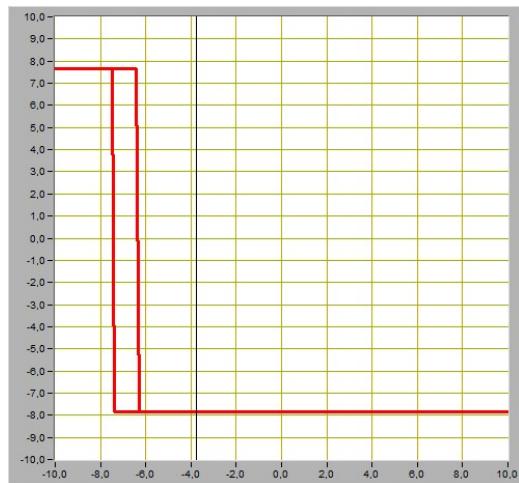


Рисунок 2.17 – Передаточная характеристика компаратора
при $U_{CM} = -10$ В



Рисунок 2.18 – Передаточная характеристика компаратора
при $U_{CM} = -5$ В

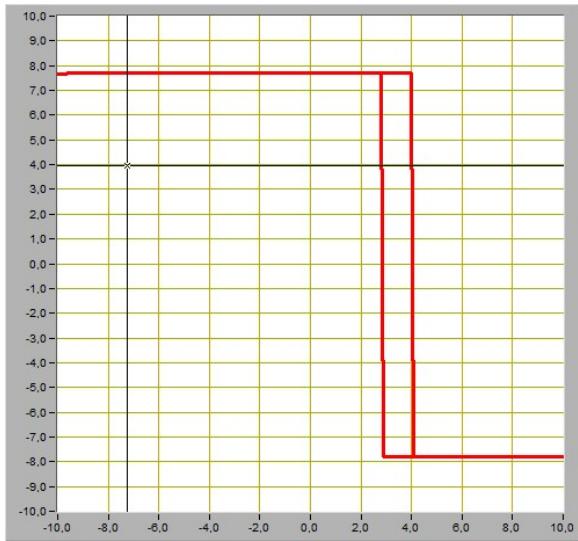


Рисунок 2.19 – Передаточная характеристика компаратора
при $U_{CM} = 5$ В

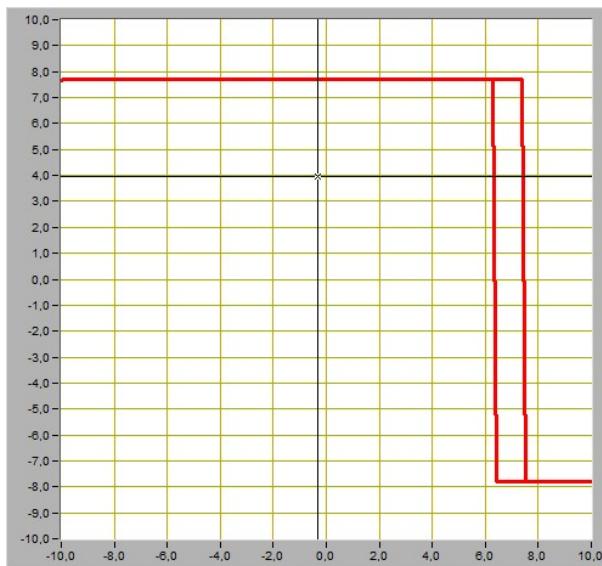


Рисунок 2.20 – Передаточная характеристика компаратора
при $U_{CM} = 10$ В

Таблица 1 – Полученные значения напряжений для установленных значений напряжения смещения -10 В, -5 В, 5 В и 10 В

U_{CM} , В	$U_{вых+}$, В	$U_{вых-}$, В	$U_{ср.расч}$, В	$U_{ср}$, В	$U_{от.расч}$, В	$U_{от}$, В
-10	7.6	-7.81	-6.35	-6.31	-7.52	-7.44
-5	7.6	-7.81	-2.88	-2.82	-4.05	-4
5	7.6	-7.81	4.04	4.15	2.87	2.92
10	7.6	-7.81	7.5	7.54	6.33	6.41

2.4 Исследование работы гистерезисного компаратора

2.4.1 С помощью элементов управления ВП были последовательно установлены различные формы сигнала, а благодаря ползунковому регулятору были установлены напряжения источника смещения передаточной характеристики 0 В, 5 В и -5 В. В результате были получены сигналы, представленные на рисунках 2.21 – 2.32.

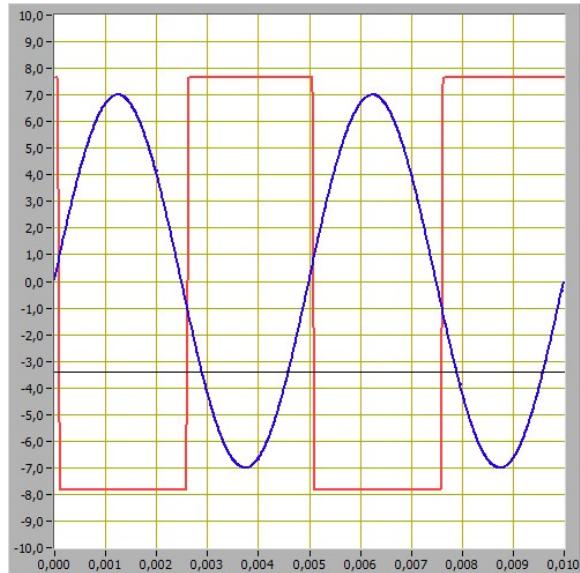


Рисунок 2.21 – Входной синусоидальный и выходной сигнал компаратора при $U_{CM} = 0$ В

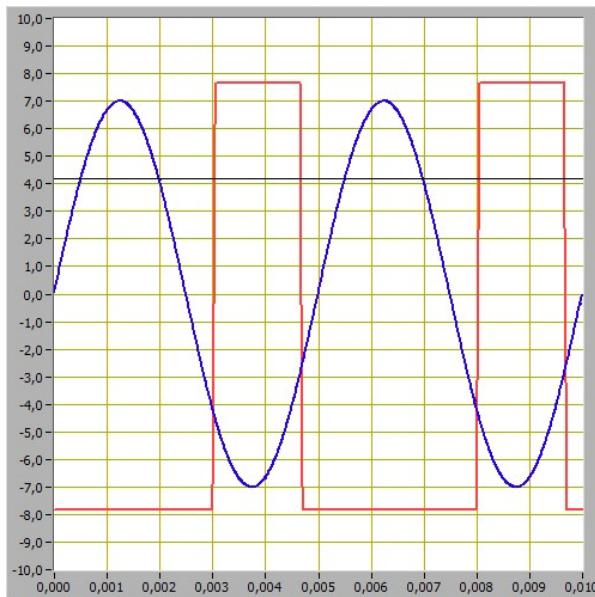


Рисунок 2.22 – Входной синусоидальный и выходной сигнал компаратора при $U_{CM} = -5$ В

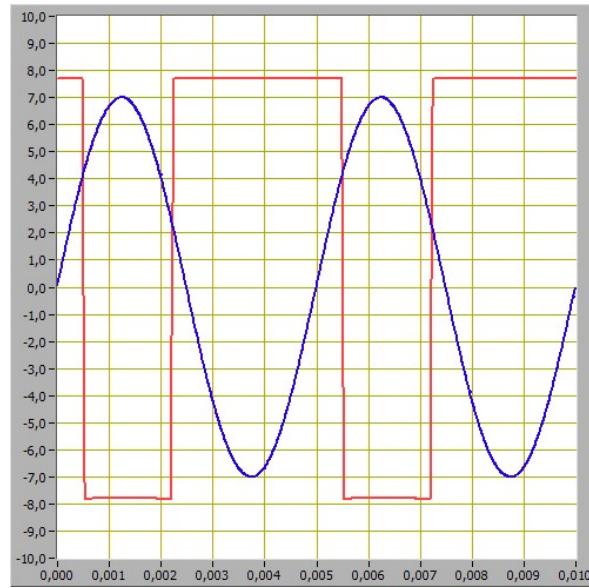


Рисунок 2.23 – Входной синусоидальный и выходной сигнал компаратора при $U_{CM} = 5$ В

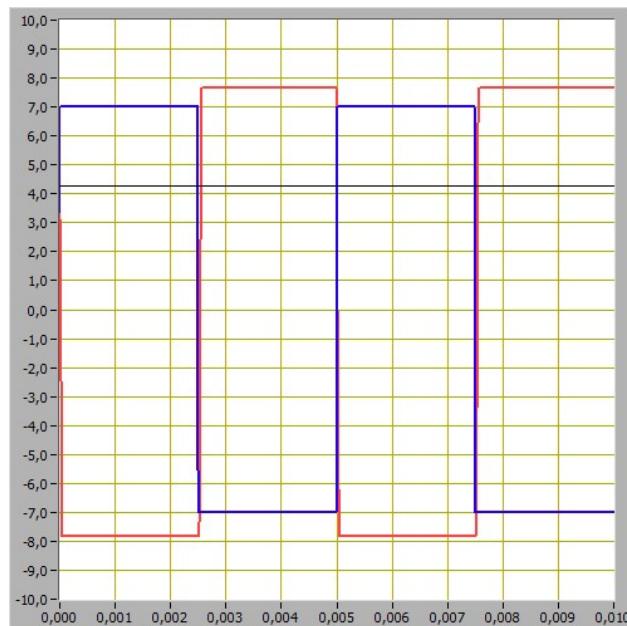


Рисунок 2.24 – Входной прямоугольный и выходной сигнал компаратора при $U_{CM} = 0$ В

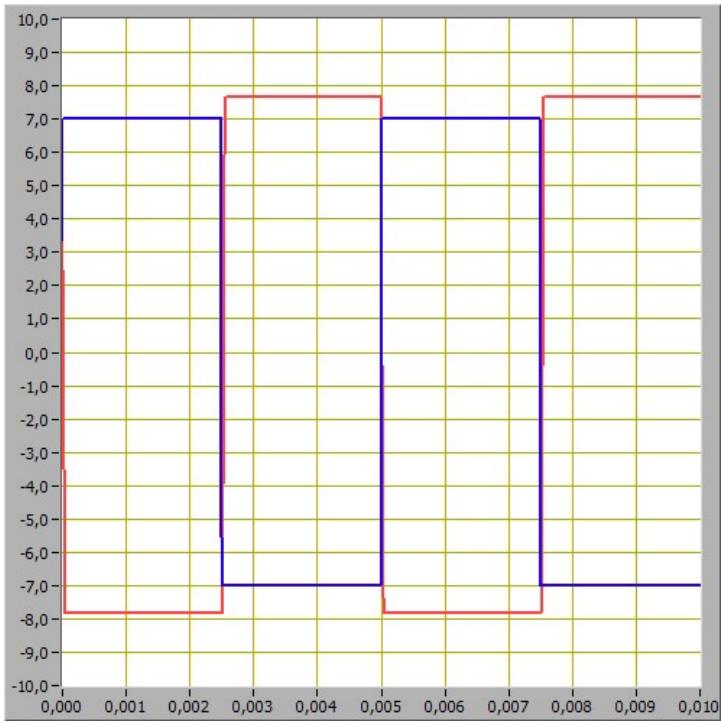


Рисунок 2.25 – Входной прямоугольный и выходной сигнал компаратора
при $U_{CM} = -5$ В

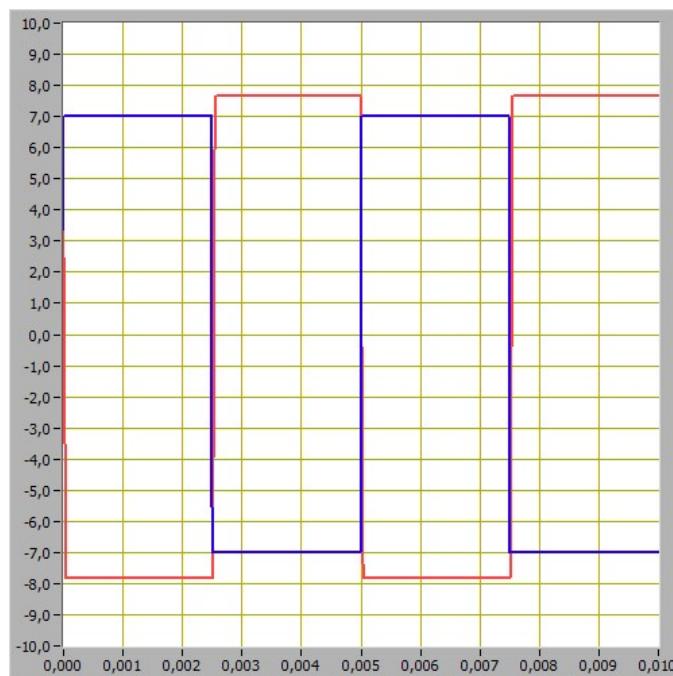


Рисунок 2.26 – Входной прямоугольный и выходной сигнал компаратора
при $U_{CM} = 5$ В

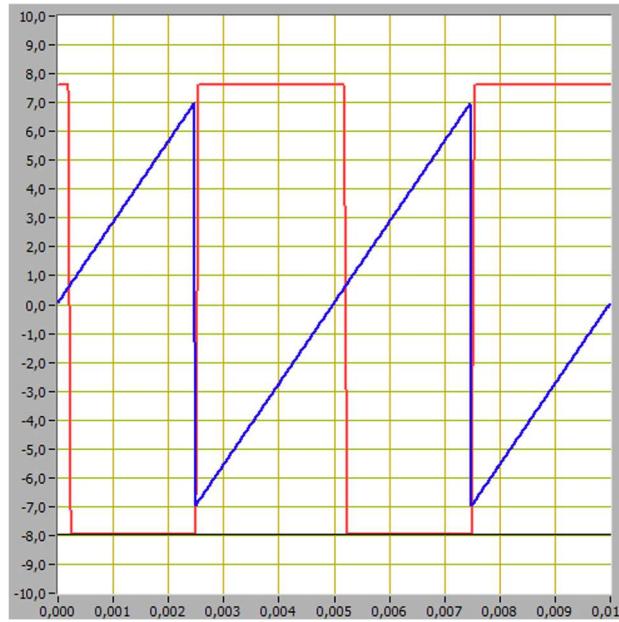


Рисунок 2.27 – Входной пилообразный и выходной сигнал компаратора при $U_{CM} = 0$ В

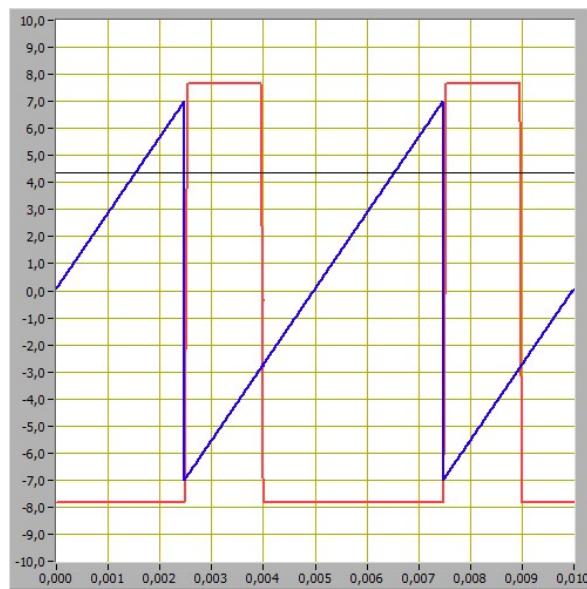


Рисунок 2.28 – Входной пилообразный и выходной сигнал компаратора при $U_{CM} = -5$ В

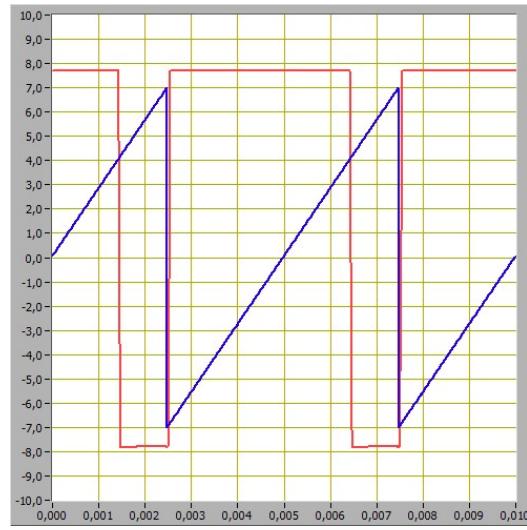


Рисунок 2.29 – Входной пилообразный и выходной сигнал компаратора при $U_{CM} = 5$ В

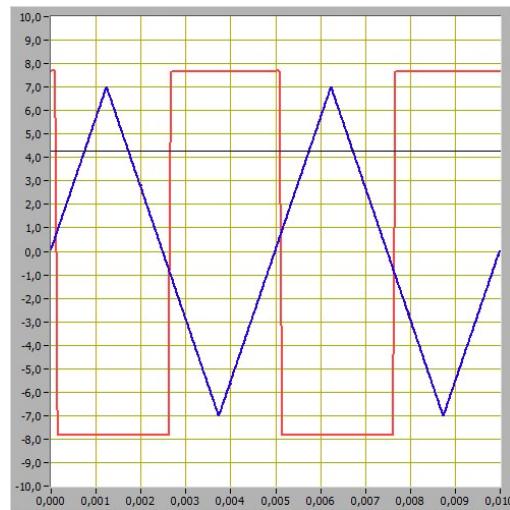


Рисунок 2.30 – Входной треугольный и выходной сигнал компаратора при $U_{CM} = 0$ В

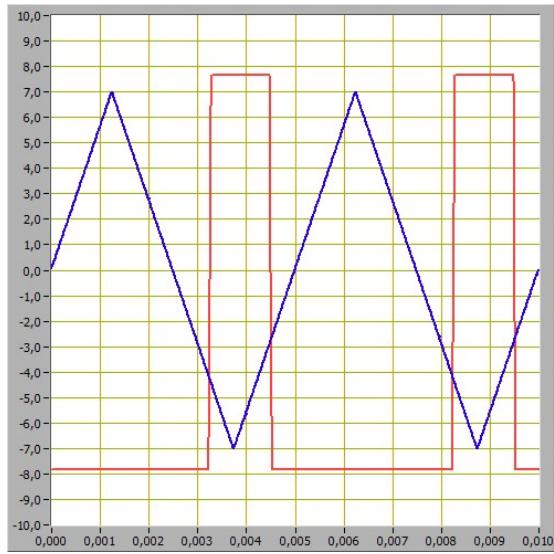


Рисунок 2.31 – Входной треугольный и выходной сигнал компаратора при $U_{CM} = -5$ В

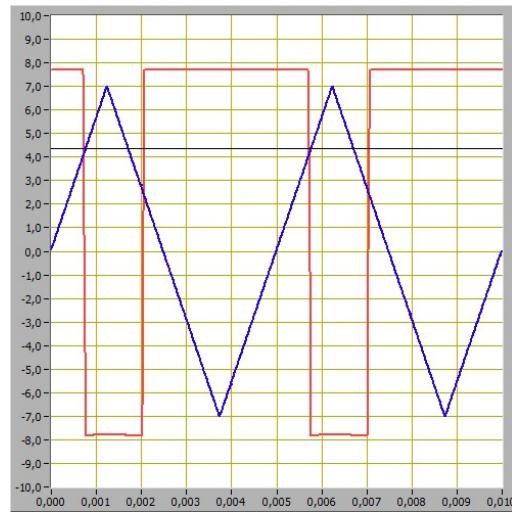


Рисунок 2.32 – Входной треугольный и выходной сигнал компаратора при $U_{CM} = 5$ В

Таблица 2 – Полученные значения напряжений для установленных значений напряжения смещения 0 В, 5 В и -5 В

Форма сигнала	$U_{\text{см}}, \text{В}$	$U_{\text{ср}}, \text{В}$	$U_{\text{от}}, \text{В}$
Синусоидальная	0	0,75	-0,89
	5	4,15	2,44
	-5	-2,79	-4,19
Прямоугольная	0	-	-
	5	-	-
	-5	-	-
Пилообразная	0	0,75	-
	5	4,15	-
	-5	-2,79	-
Треугольная	0	0,75	-0,89
	5	4,15	2,44
	-5	-2,79	-4,19

ВЫВОДЫ

В ходе лабораторной работы были исследованы характеристики аналоговых компараторов напряжения, а также проанализированы особенности их функционирования при различных формах входного сигнала. Были рассмотрены два типа компараторов: однопороговый и компаратор с гистерезисом.

Для однопорогового компаратора основным параметром является пороговое напряжение $U_{\text{пор}}$, при достижении которого происходит переключение выходного сигнала. Изменение этого порога влияет исключительно на момент срабатывания, не затрагивая уровни выходного напряжения. В случае прямоугольного сигнала определить $U_{\text{вх.пор}}$ невозможно из-за отсутствия переходного участка, а при пилообразном сигнале — лишь частично, вследствие немонотонного характера изменения входного напряжения.

Гистерезисный компаратор характеризуется наличием двух порогов: напряжения срабатывания $U_{\text{ср}}$ и отпускания $U_{\text{от}}$, которые формируют петлю гистерезиса. Ключевым параметром в этом случае является напряжение смещения $U_{\text{см}}$, определяющее положение оси симметрии петли. Изменение $U_{\text{см}}$ не влияет на уровни выходного сигнала, но смещает пороги переключения. Для прямоугольного сигнала значения $U_{\text{ср}}$ и $U_{\text{от}}$ не определяются, а для пилообразного корректно определяется только напряжение срабатывания.

Применение гистерезисных компараторов особенно эффективно в условиях наличия шумов на входе. Полученные экспериментальные данные подтвердили теоретические положения и продемонстрировали преимущества гистерезисного компаратора в условиях нестабильного входного сигнала.