

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный Исследовательский Университет ИТМО»



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4
ПРЕДМЕТ «ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ»
ТЕМА «ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ В
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СХЕМАХ»
Вариант №10

Преподаватель:
Жданов В. А.

Выполнил:
Румянцев А. А.

Факультет: СУиР
Группа: R3341
Поток: ЭлУСУ R22 бак 1.2

Санкт-Петербург
2025

Содержание

1	Цель работы	2
2	Исходные данные	2
2.1	Таблица 1	2
2.2	Набор схем	2
2.3	Таблица 2	2
3	Исследование схем ограничения выходного напряжения на ОУ	2
3.1	Расчет параметров схемы	2
3.2	Схема ограничителя выходного напряжения на ОУ: вид ограничения 1	2
3.3	Зависимость выходного напряжения от входного	3
3.4	Различные входные сигналы	3
3.5	Схема ограничителя выходного напряжения на ОУ: вид ограничения 2	4
3.6	Зависимость выходного напряжения от входного	5
3.7	Различные входные сигналы	5
3.8	Вывод относительно влияния нелинейных элементов в цепи обратной связи	6
4	Исследование нуль-компаратора	6
4.1	Схема нуль-компаратора	6
4.2	Исследование синусоидального сигнала	6
4.3	Вывод	11
5	Исследование одноходового компаратора	11

Цель работы

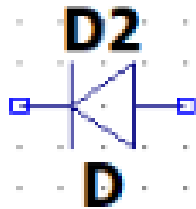
Цель работы – исследование характеристик специализированных устройств, построенных на операционных усилителях.

Исходные данные

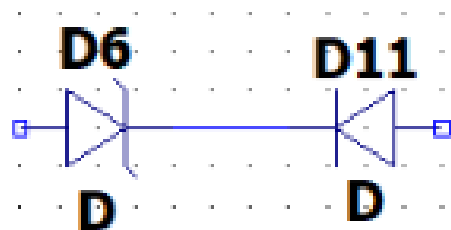
Таблица 1

Диод	Стабилитрон	K_U	ОУ
1N5818	EDZV10B	2	LT1014

Набор схем



(a) Вид цепи ограничения: схема 1



(b) Вид цепи ограничения: схема 2

Таблица 2

Обозначим α – двухвходовый компаратор, β – триггер Шмитта, γ – компаратор с окном

Обозн.	задан.	α	α	β	β	γ	γ
$U_{\text{пор}}, \text{В}$	$U_{\text{оп}}, \text{В}$	$U_{\text{оп}}, \text{В}$	$U_{\text{Г}}, \text{В}$	$U_{\text{ВТО}}, \text{В}$	$U_{\text{НТО}}, \text{В}$	$U_{\text{ВТО}}, \text{В}$	$U_{\text{НТО}}, \text{В}$
-2	2	1	2	5	2	7.5	6.5

Исследование схем ограничения выходного напряжения на ОУ

Расчет параметров схемы

Соберем схему ограничителя выходного напряжения на ОУ. Вид цепи ограничения представлен на рис. 1a. Рассчитаем параметры резисторов R_1, R_2 в соответствии с коэффициентом усиления

$$K_U = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{R_2}{R_1} = 2 \Rightarrow R_2 = 2 \text{ кОм}, R_1 = 1 \text{ кОм};$$

Схема ограничителя выходного напряжения на ОУ: вид ограничения 1

Построим схему в соответствии с вариантом и расчетами. Вид цепи ограничения представлен на рис. 1a. Схема представлена на рис. 2

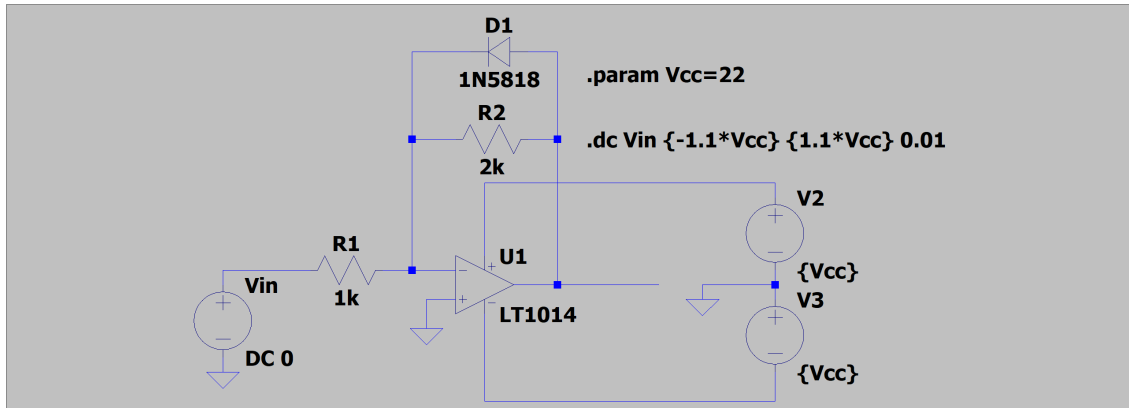


Рис. 2: Схема ограничителя выходного напряжения на ОУ с видом ограничения 1

Зависимость выходного напряжения от входного

Снимем зависимость $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$. Значение входного напряжения изменяем в диапазоне от $-1.1U_{\text{пит}}$ до $1.1U_{\text{пит}}$. Укажем на схеме в LTspice в источник тока Vin значение DC 0 и поставим на схему .dc Vin -1.1*Vcc 1.1*Vcc 0.01. Получаем

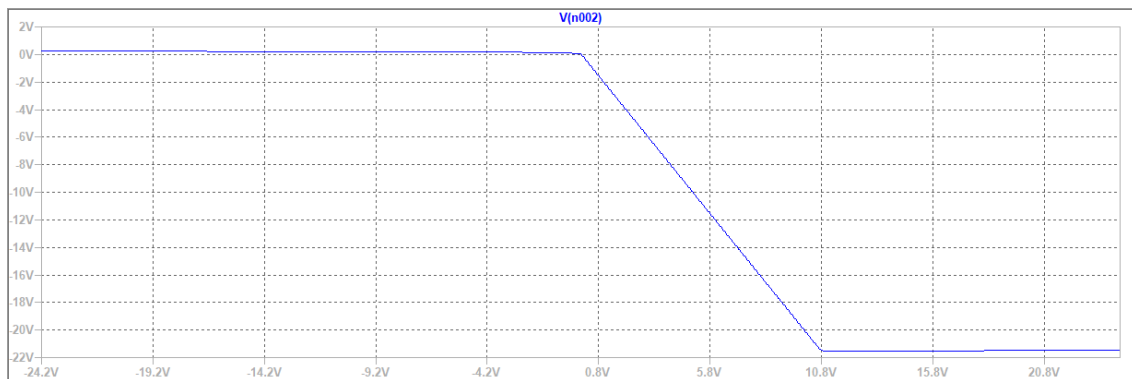


Рис. 3: Выходное напряжение при $-1.1 \leq U_{\text{вх}} \leq 1.1$ В

Наблюдаем ограничение для $U_{\text{вых}} > 0$. Для $U_{\text{вых}} < 0$ ограничение по питанию.

Различные входные сигналы

Подадим на вход ограничителя от внешнего генератора синусоидальный сигнал амплитуды 5 В и частоты 1 кГц SINE(0 5 1k) (амплитуда превышает значение ограничения). Зарисуем осциллограмму $U_{\text{вых}}$

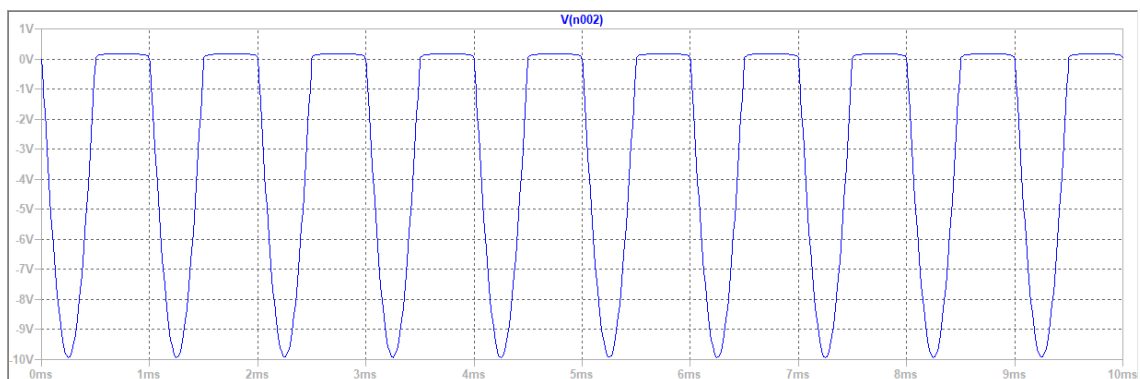


Рис. 4: Выходное напряжение при SINE(0 5 1k)

Наблюдаем ограничение для $U_{\text{ВЫХ}} > 0$. Попробуем подать постоянный ток в -5 В

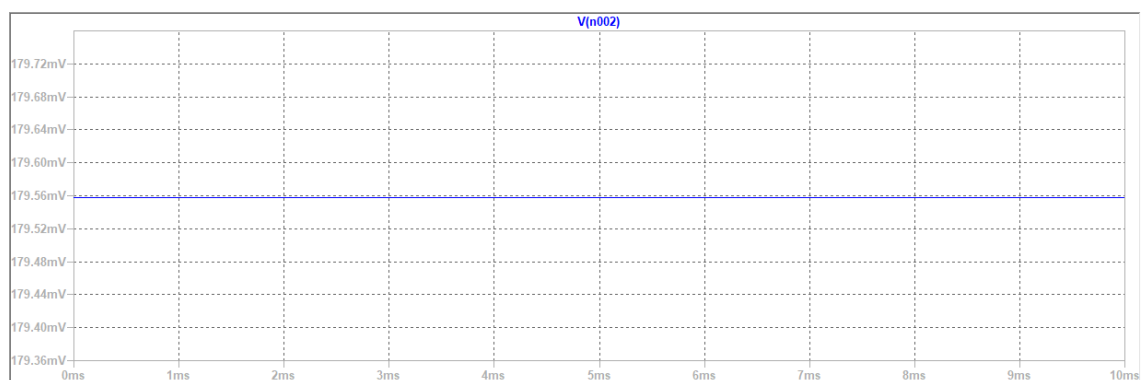


Рис. 5: Выходное напряжение при постоянном токе -5 В

Наблюдаем ограничение для $U_{\text{ВЫХ}} > 0$. Попробуем подать 5 В

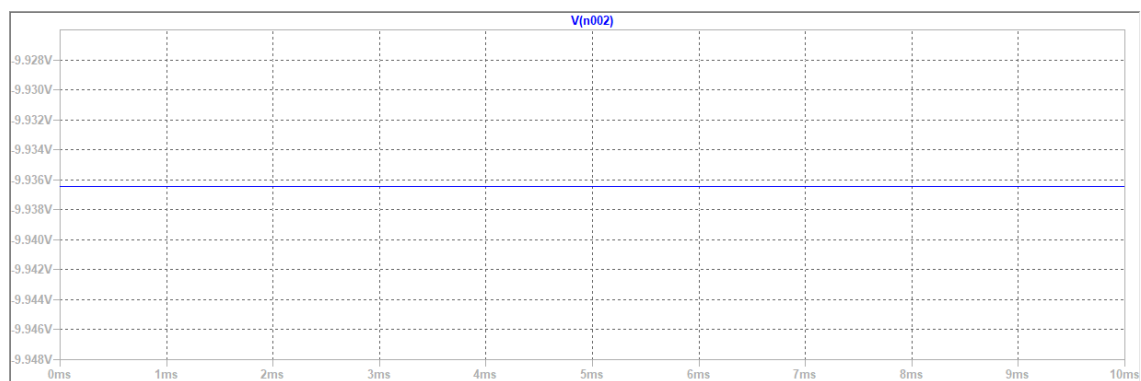


Рис. 6: Выходное напряжение при постоянном токе 5 В

Получилось усиление с коэффициентом -2 (инвертирующий усилитель).

Схема ограничителя выходного напряжения на ОУ: вид ограничения 2

Поменяем в схеме на рис. 2 вид ограничения на представленный на рис. 1b. Обновленная схема представлена на рис. 7

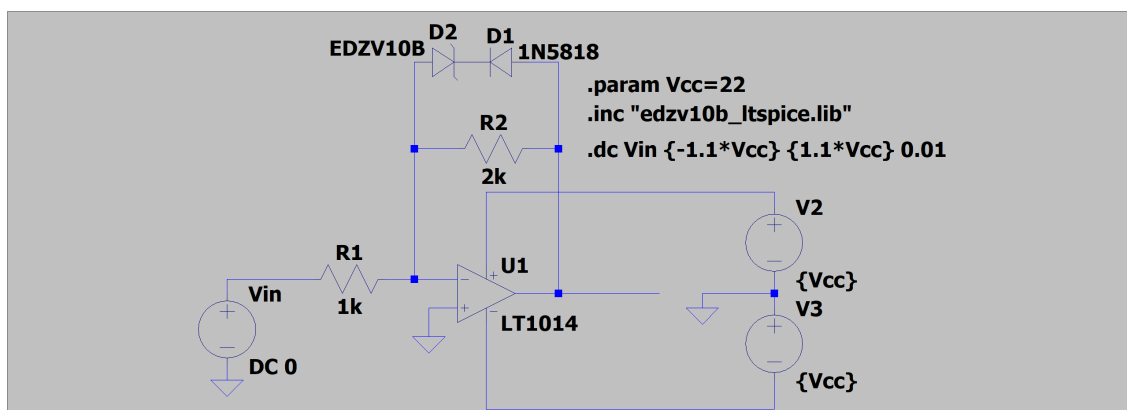


Рис. 7: Схема ограничителя выходного напряжения на ОУ с видом ограничения 2

Зависимость выходного напряжения от входного

Снимем зависимость $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$ аналогичным образом. Получаем

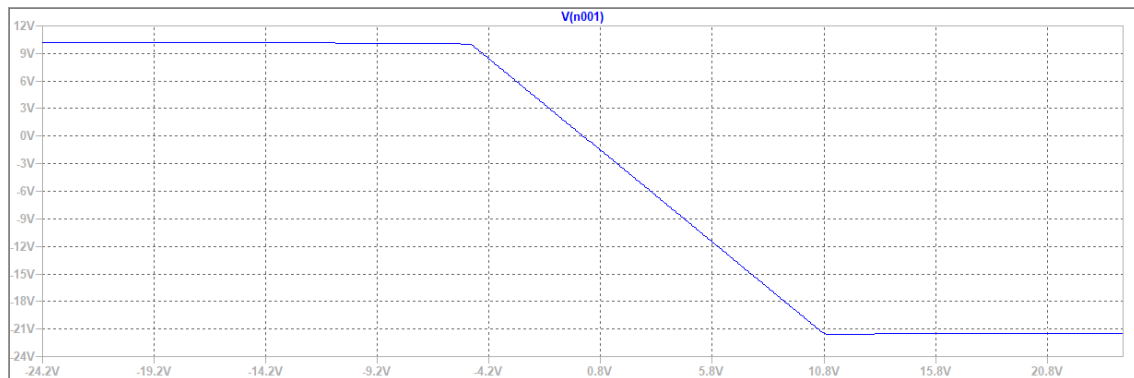


Рис. 8: Выходное напряжение при $-1.1 \leq U_{\text{вх}} \leq 1.1$ В

Наблюдаем ограничение для $U_{\text{вых}} > 10$. Для $U_{\text{вых}} < 0$ ограничение по питанию.

Различные входные сигналы

Проведем аналогичный первому виду ограничения эксперимент. Зарисуем осциллограмму $U_{\text{вых}}$

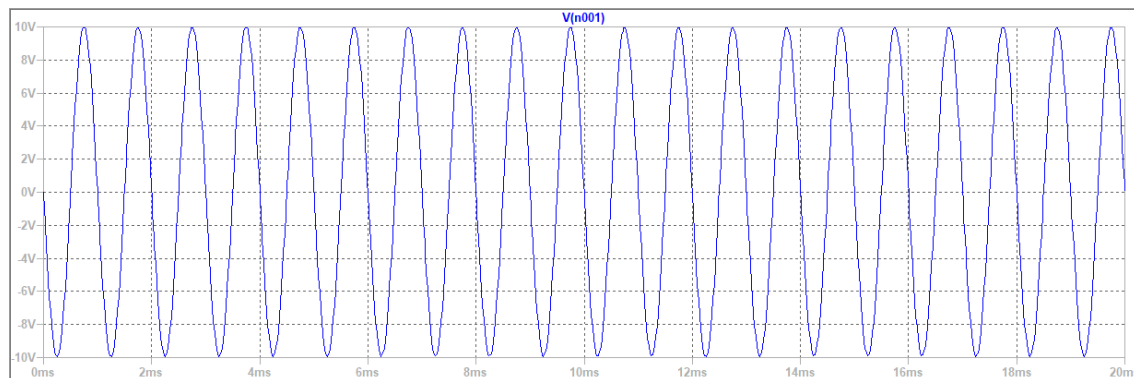


Рис. 9: Выходное напряжение при SINE(0 5 1k)

Теперь ограничение для $U_{\text{вых}} > 10$ – видим целую синусоиду. Попробуем подать постоянный ток в -5 В

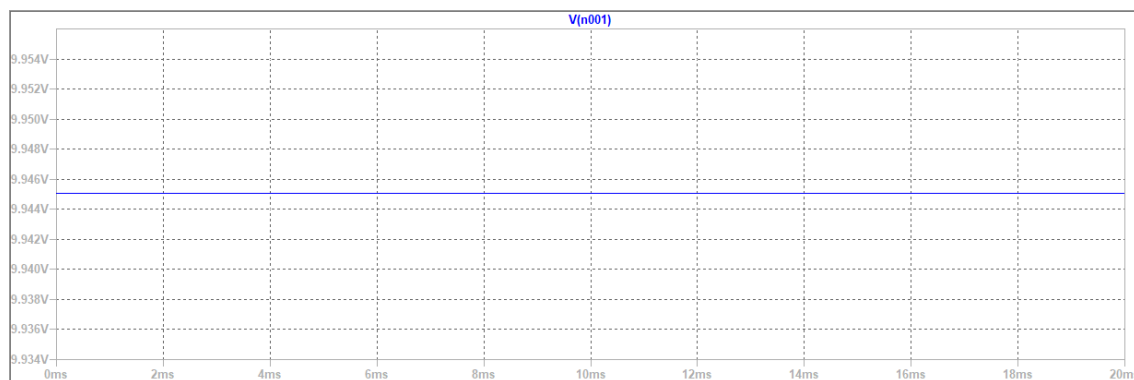


Рис. 10: Выходное напряжение при постоянном токе -5 В

Получилось усиление с коэффициентом -2 . Попробуем подать 5 В

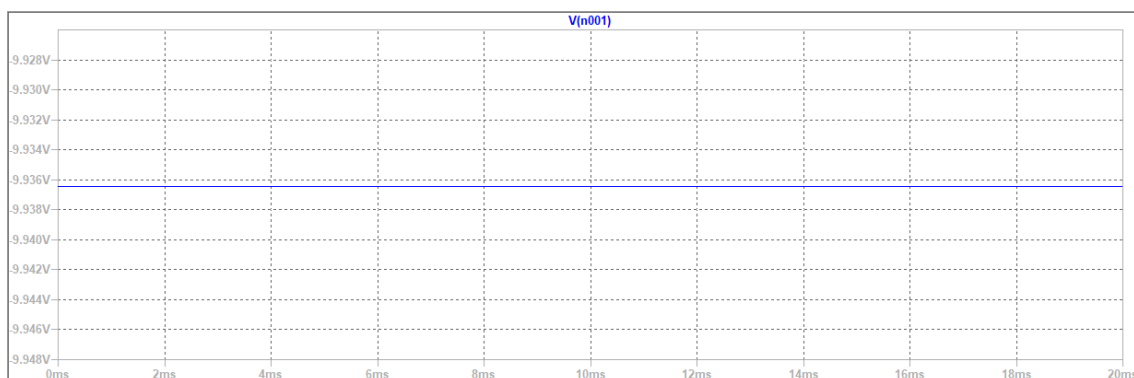


Рис. 11: Выходное напряжение при постоянном токе 5 В

Получилось усиление с коэффициентом -2 .

Вывод относительно влияния нелинейных элементов в цепи обратной связи

При использовании только диода выходное напряжение ограничивалось на уровне чуть больше нуля (порог открывания диода). Добавление стабилитрона внесло сдвиг порога ограничения. Сигнал стал ограничиваться на уровне около 10 В (напряжение стабилизации 10 В). Таким образом, нелинейные элементы в цепи ОС позволяют формировать управляемое ограничение.

Исследование нуля-компаратора

Схема нуля-компаратора

Соберем схему нуля-компаратора на ОУ. Установим значение сопротивления $R_1 = 10$ кОм. Схема представлена на рис. 12

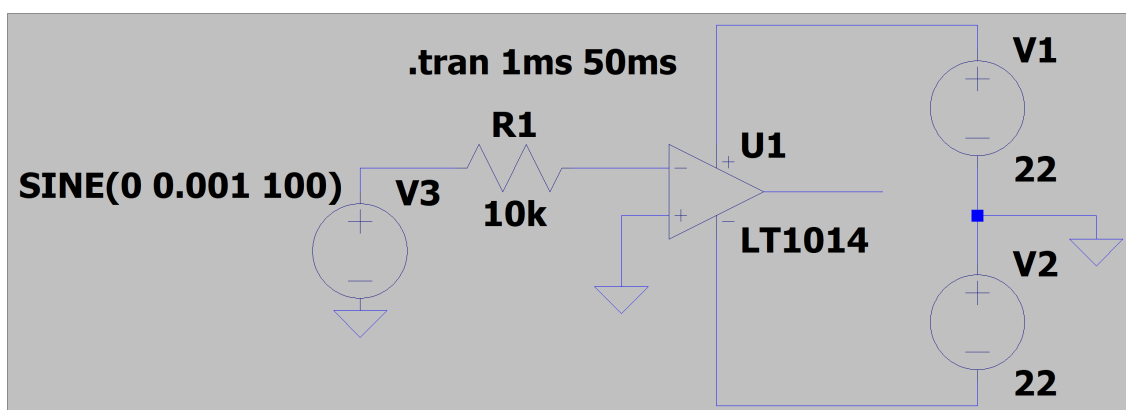


Рис. 12: Схема нуля-компаратора

Исследование синусоидального сигнала

Подадим на вход системы синусоидальный сигнал с амплитудой 1 мВ, частоту будем варьировать $f = 0.1, 0.3, 0.5, 1$ кГц. Снимем осциллограммы $U_{вх}$ и $U_{вых}$. После этого изменим амплитуду синусоиды на 1 В и повторим эксперимент

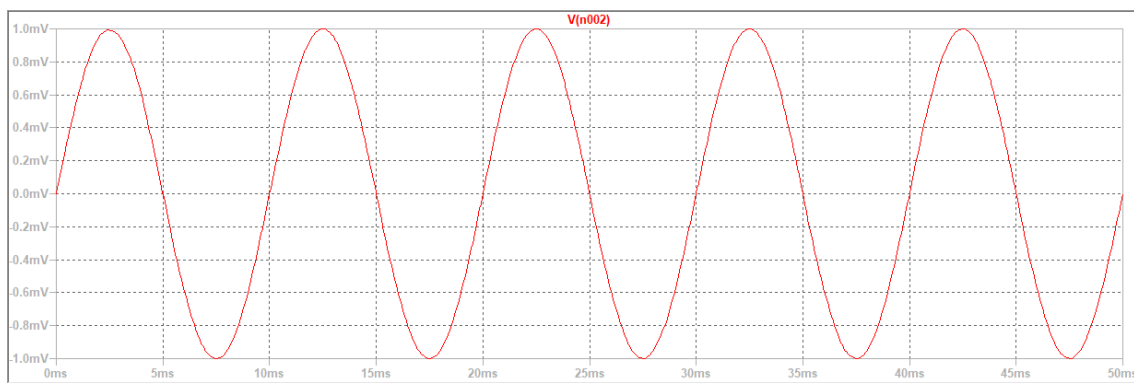


Рис. 13: Входное напряжение при SINE(0 0.001 100)

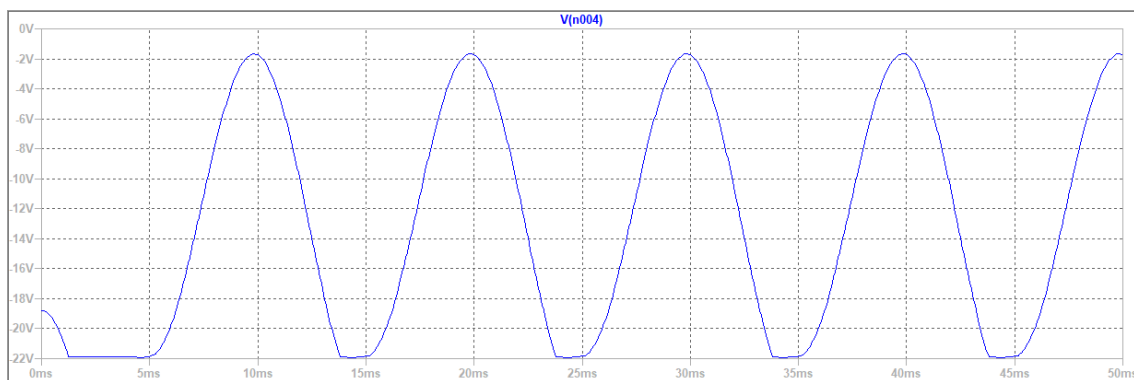


Рис. 14: Выходное напряжение при SINE(0 0.001 100)

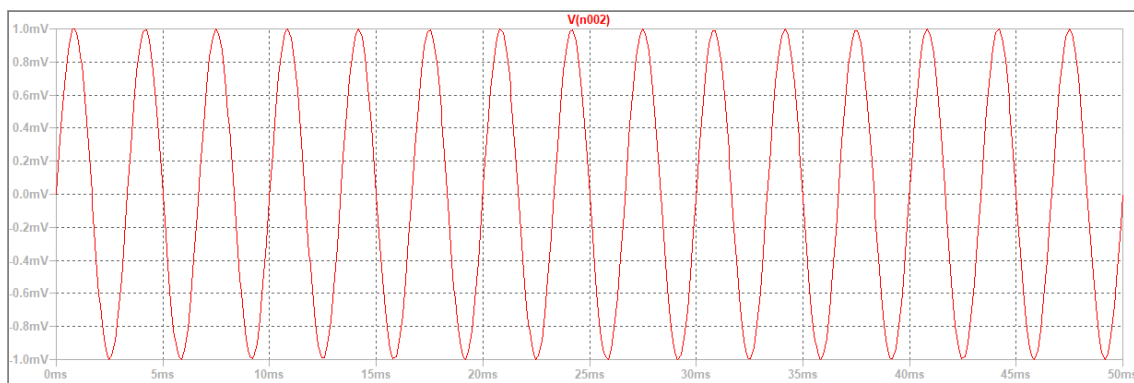


Рис. 15: Входное напряжение при SINE(0 0.001 300)

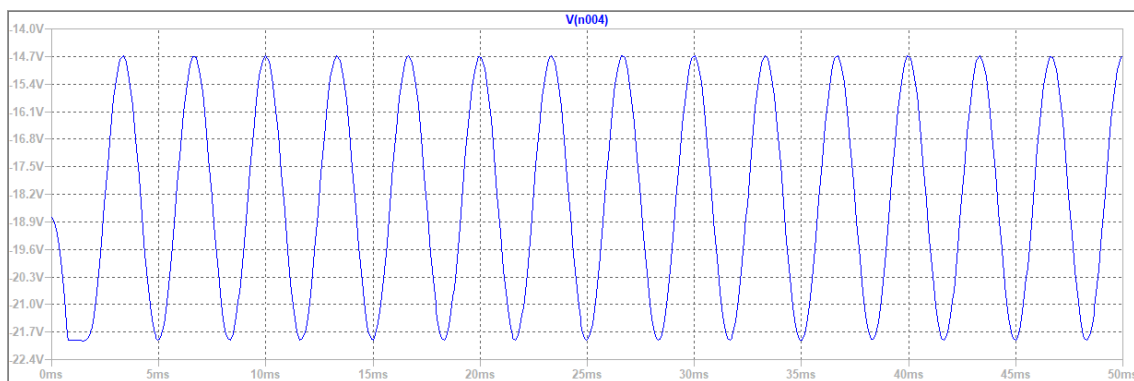


Рис. 16: Выходное напряжение при SINE(0 0.001 300)

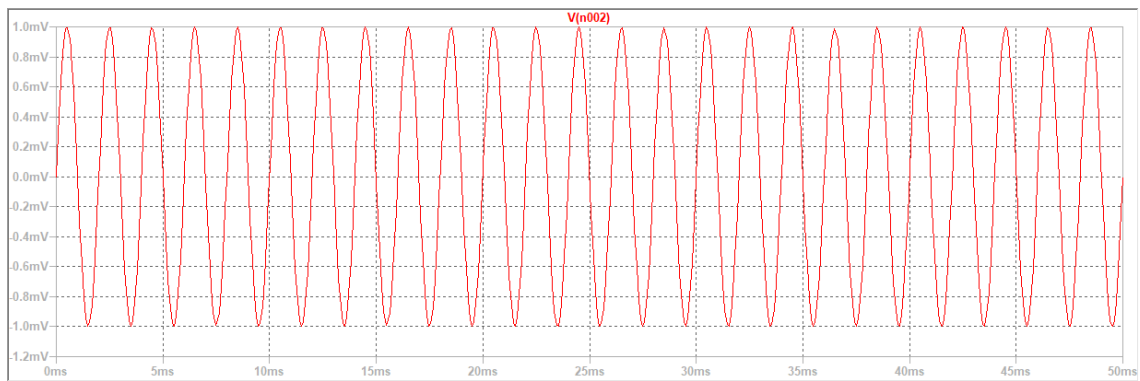


Рис. 17: Входное напряжение при SINE(0 0.001 500)

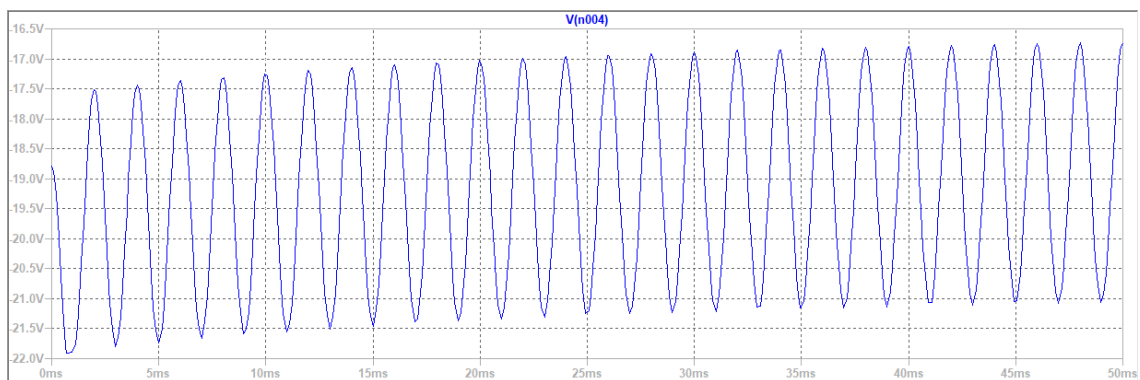


Рис. 18: Выходное напряжение при SINE(0 0.001 500)

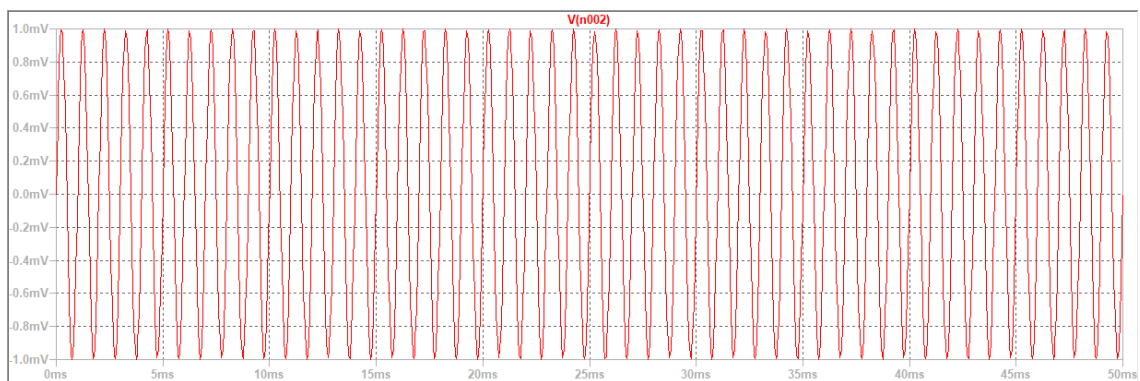


Рис. 19: Входное напряжение при SINE(0 0.001 1k)

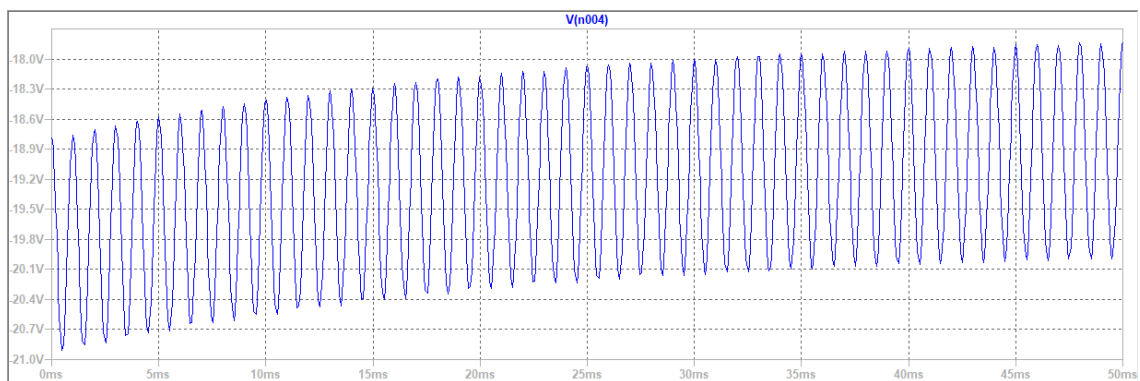


Рис. 20: Выходное напряжение при SINE(0 0.001 1k)

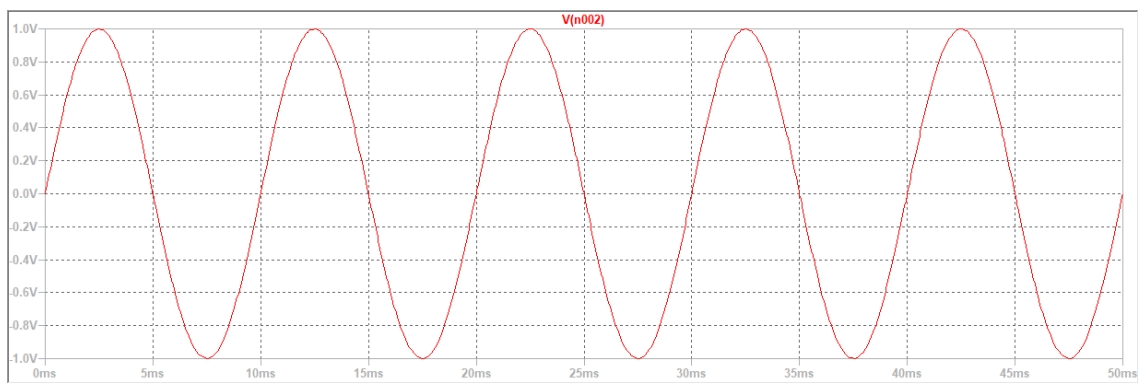


Рис. 21: Входное напряжение при SINE(0 1 100)

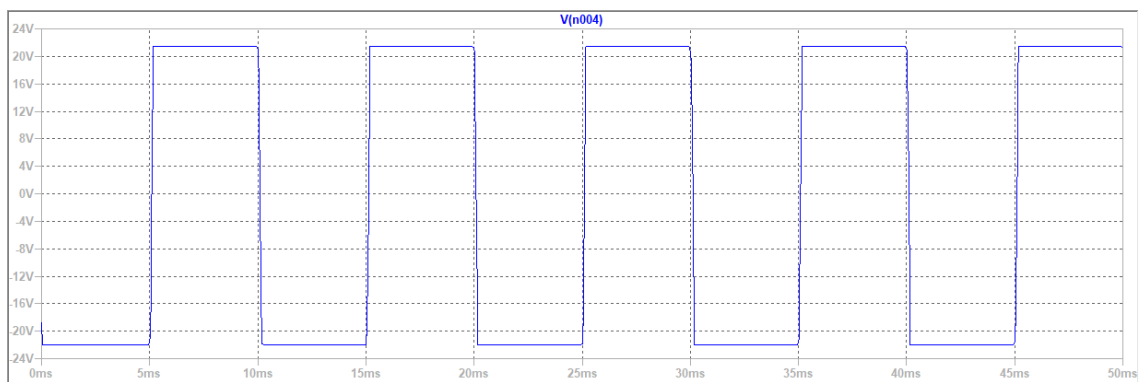


Рис. 22: Выходное напряжение при SINE(0 1 100)

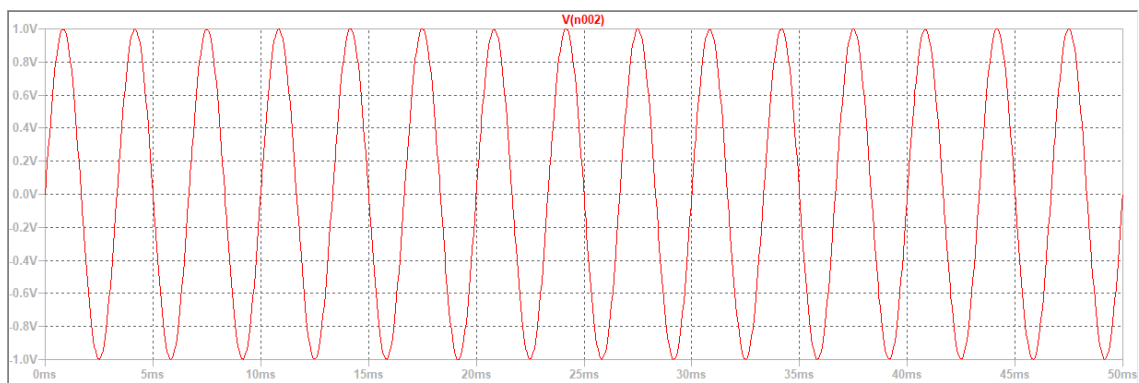


Рис. 23: Входное напряжение при SINE(0 1 300)

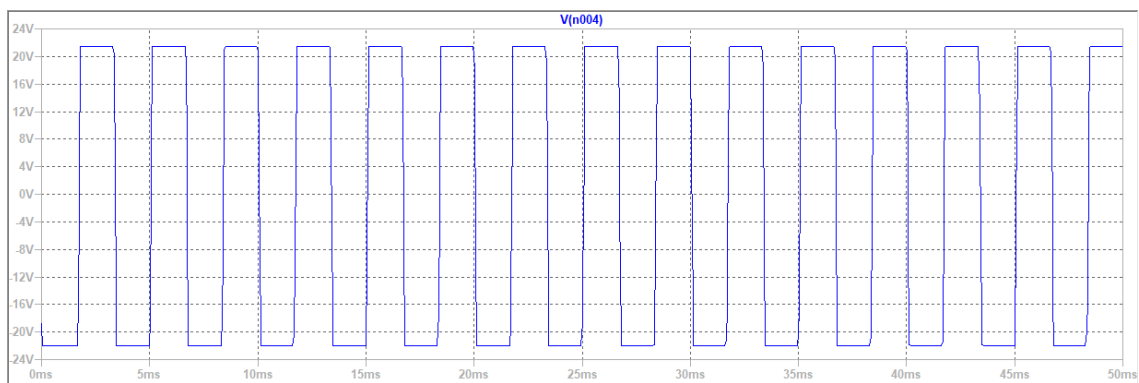


Рис. 24: Выходное напряжение при SINE(0 1 300)

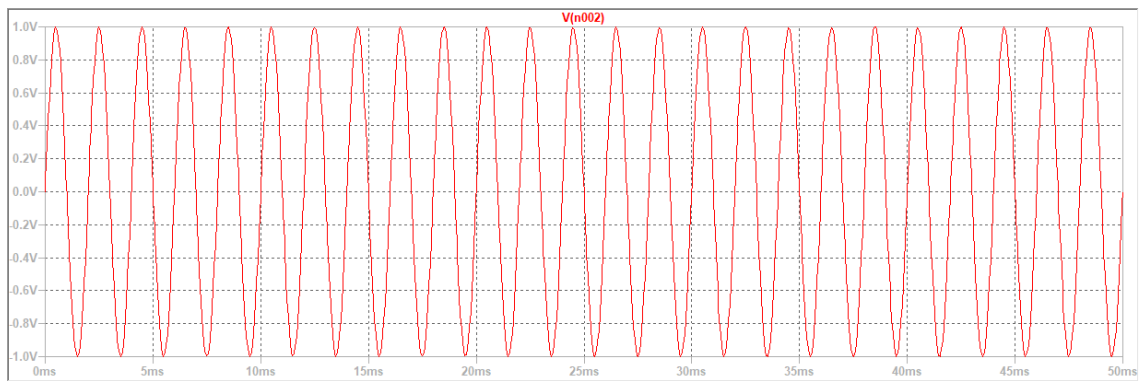


Рис. 25: Входное напряжение при SINE(0 1 500)

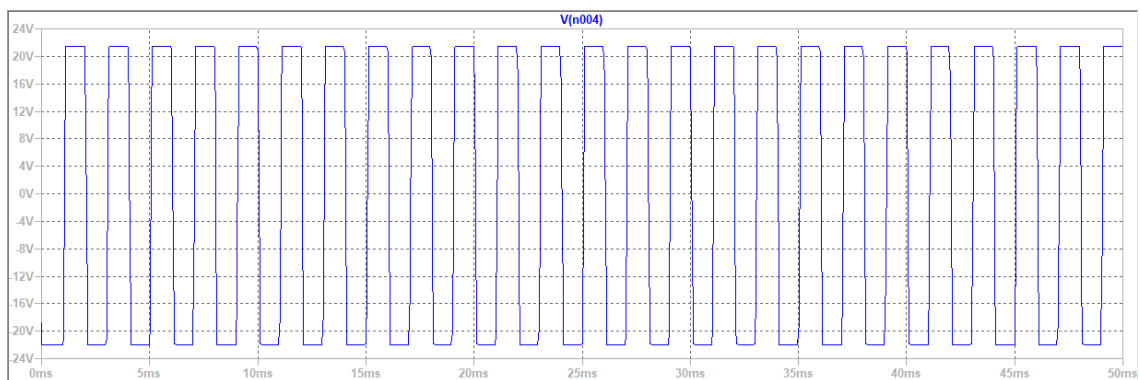


Рис. 26: Выходное напряжение при SINE(0 1 500)

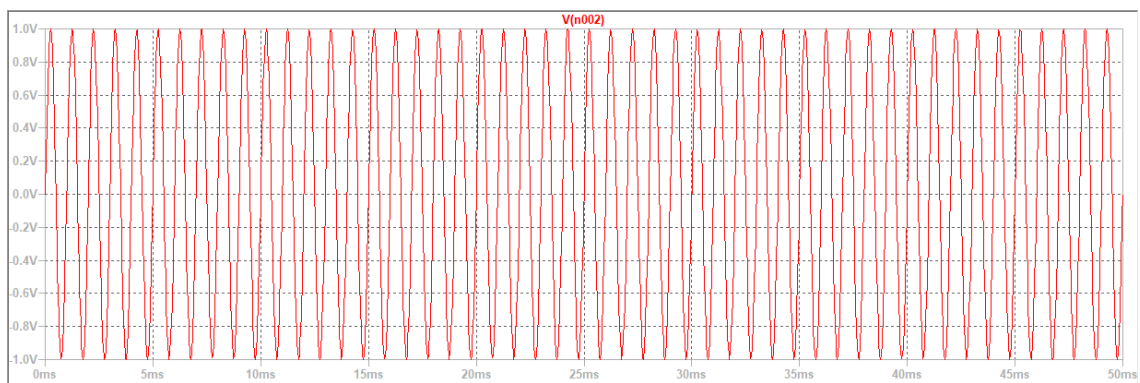


Рис. 27: Входное напряжение при SINE(0 1 1k)

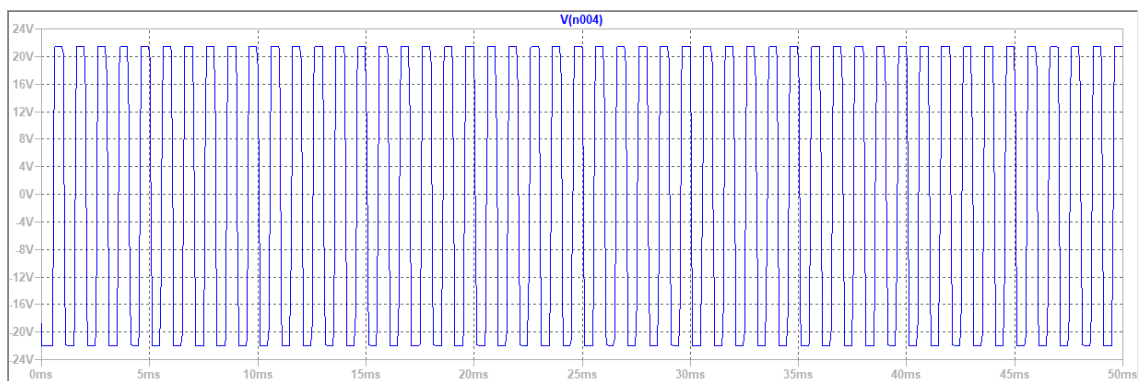


Рис. 28: Выходное напряжение при SINE(0 1 1k)

Вывод

Уровня входного сигнала в 1 мВ недостаточно для корректной работы компаратора. При усилении сигнала до 1 В компаратор работает стабильно и верно.

Исследование одноходового компаратора