



*Национальный исследовательский университет ИТМО
(Университет ИТМО)*

Факультет систем управления и робототехники

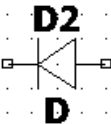
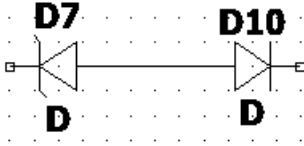
Дисциплина: Теория автоматического управления
Отчет по лабораторной работе №2.
Вариант 6

Студенты:
Евстигнеев Д.М.
Яшник А.И.
Группа: *R34423*
Преподаватель:
Николаев Н.А.

Санкт-Петербург
2022

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

Данные варианта:

6			1N914	1N5378B	4	AD795
---	-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	-------	---------	---	-------

6	6	- 6	-1	2	5	2	6,5	4,5
---	---	-----	----	---	---	---	-----	-----

При моделировании схем используем источник питания в соответствии с рекомендациями, приводимыми в технической документации используемого в схеме операционного усилителя. Рекомендуемое значение напряжение питания 12...18 В

Выполнение работы:

1. Исследование схем ограничения выходного напряжения на ОУ

1.1. Снимем зависимость $U_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВХ}})$ при этом значение входного напряжения изменим в диапазоне от $-1,1U_{\text{ПИТ}}$ до $1,1U_{\text{ПИТ}}$. Подаем на вход ограничителя от внешнего генератора синусоидальный сигнал частотой до 1 кГц и амплитудой, превышающей напряжение ограничения исследуемой схемы. Зарисуем осциллограмму $U_{\text{ВЫХ}}$.

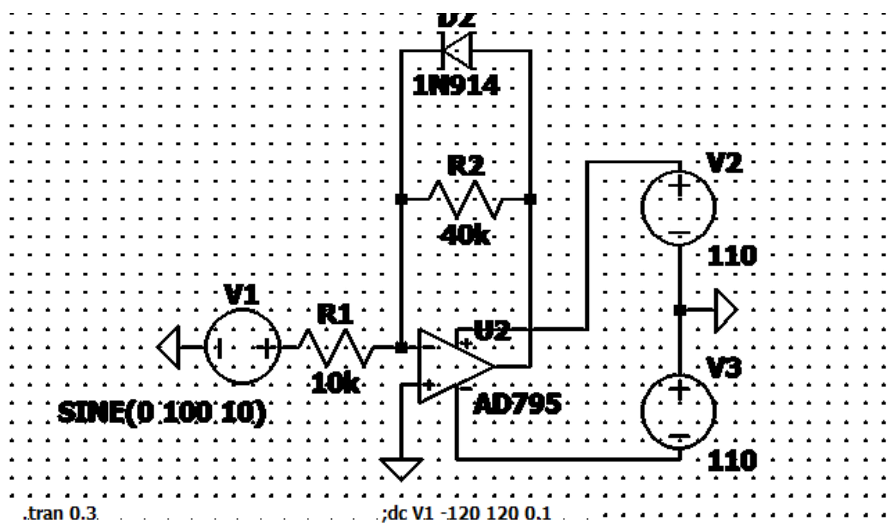


Рисунок 1 - Схема ограничения напряжения с одним диодом

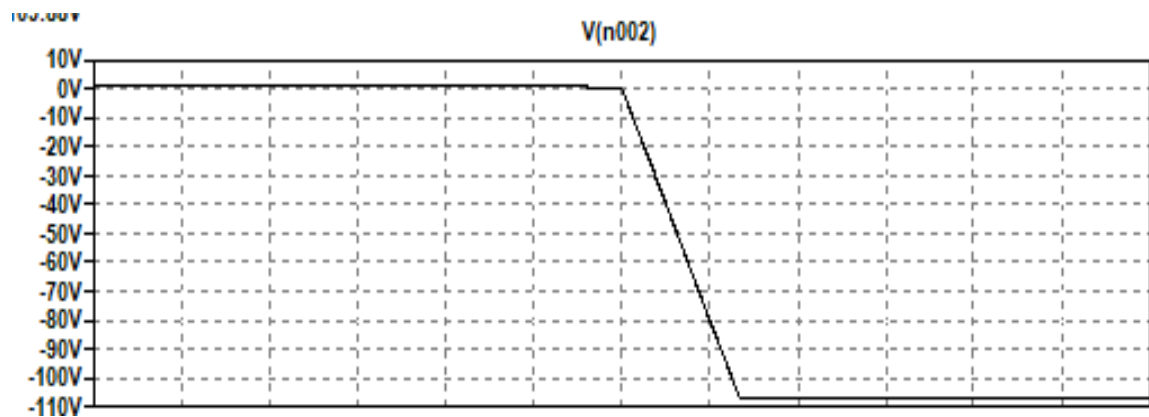


Рисунок 2 – Зависимость сигнала выхода от входа

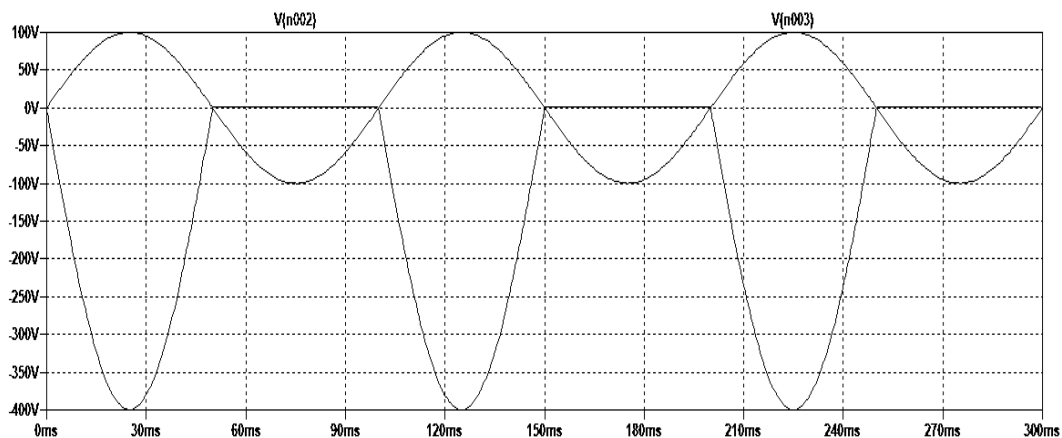


Рисунок 3 - График входного и выходного напряжения

1.2. В схеме, собранной на предыдущем этапе, изменим вид цепи ограничения (цепь ОС), выберем цепь ограничения в соответствии со схемой 2. И повторите эксперименты в соответствии с п.1.1. Сравним результат моделирования по п. 1.1 и п.1.2, сделаем выводы относительно влияния нелинейных элементов в цепи обратной связи.

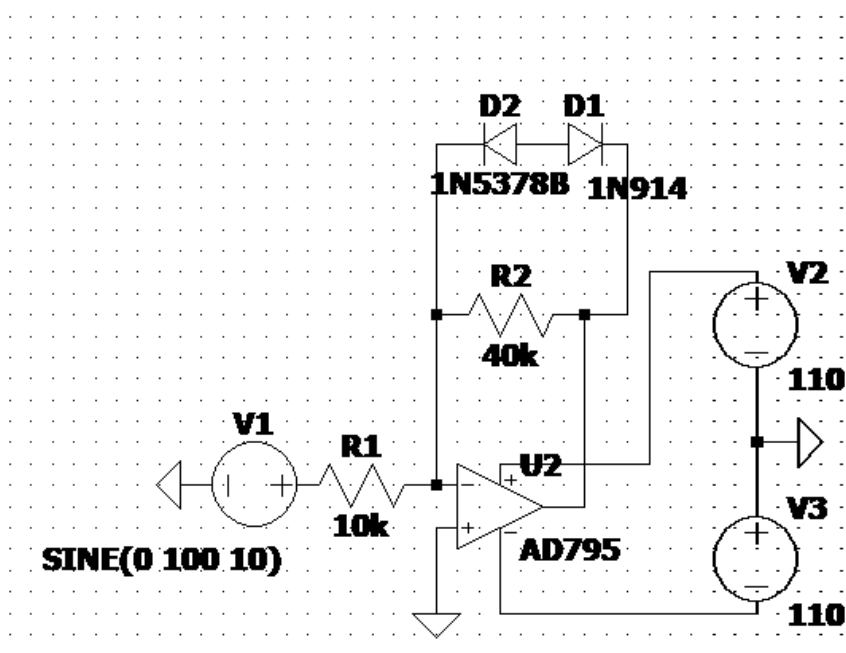


Рисунок 4 - Схема ограничения напряжения с стабилитроном и диодом

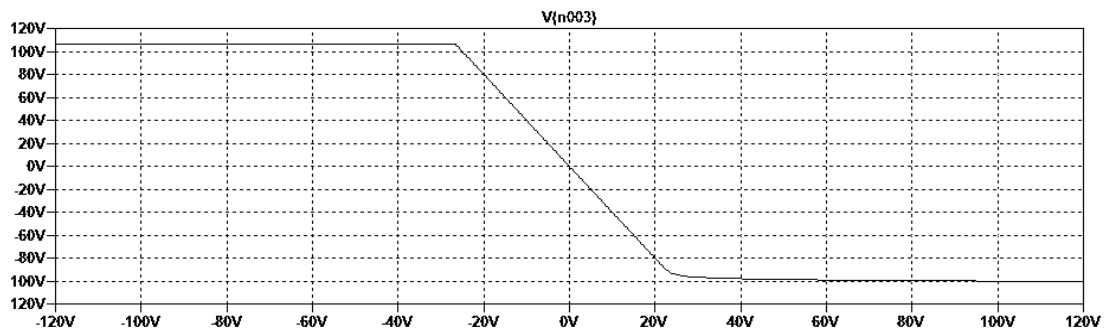


Рисунок 5 - Зависимость выходного сигнала от входного

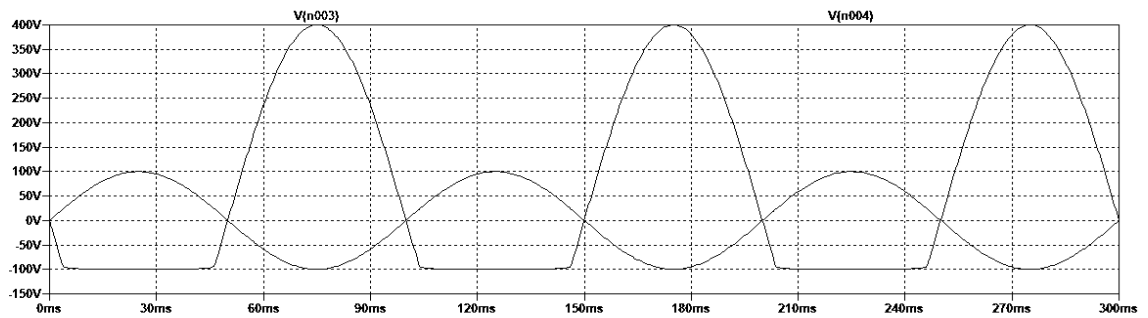


Рисунок 6 - График входного и выходного напряжения

Вывод: схема с одним диодом является односторонним ограничителем. Со стабилитроном – схема, ограничивающая входное напряжение с обеих сторон.

2. Соберем схему **нуль-компаратора** на ОУ. Модель ОУ в соответствии с номером варианта 6. Установим значение сопротивления $R_1 = 10 \text{ кОм}$. Подадим на вход схемы синусоидальный сигнал амплитудой 1 мВ, частотой 100...1000 Гц, снимем осциллограммы входного и выходного напряжения. Изменим амплитуду входного напряжения на 1 В, повторим эксперимент.

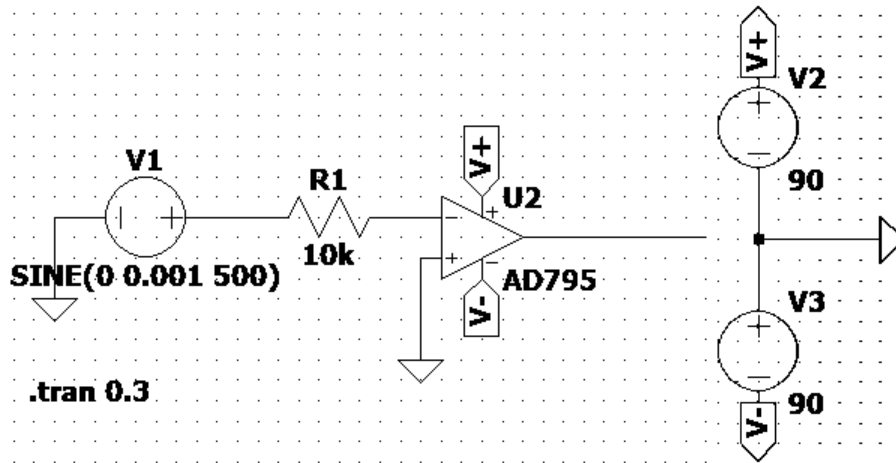


Рисунок 7 - Схема нуль-компаратора

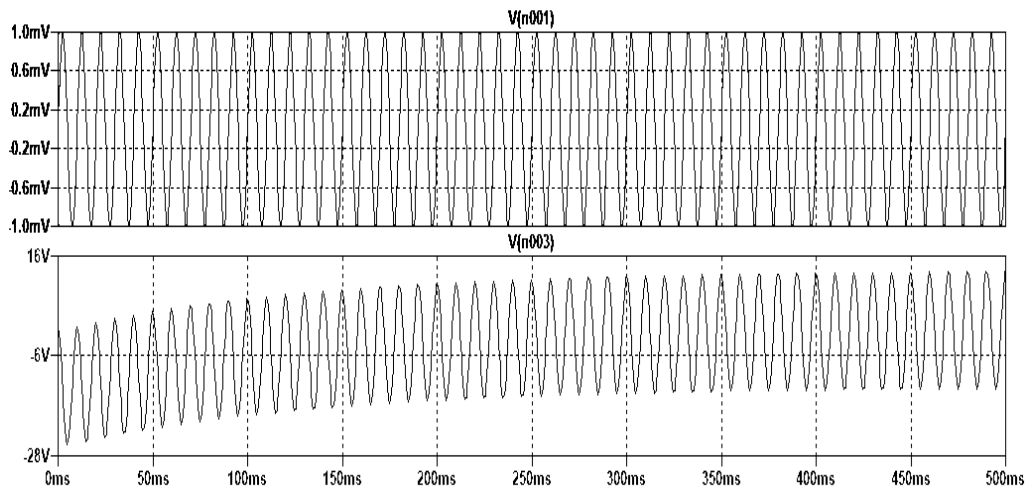


Рисунок 8 - Графики входного и выходного напряжения (син. сигнал с амплитудой 1 мВ и частотой 500 Гц)

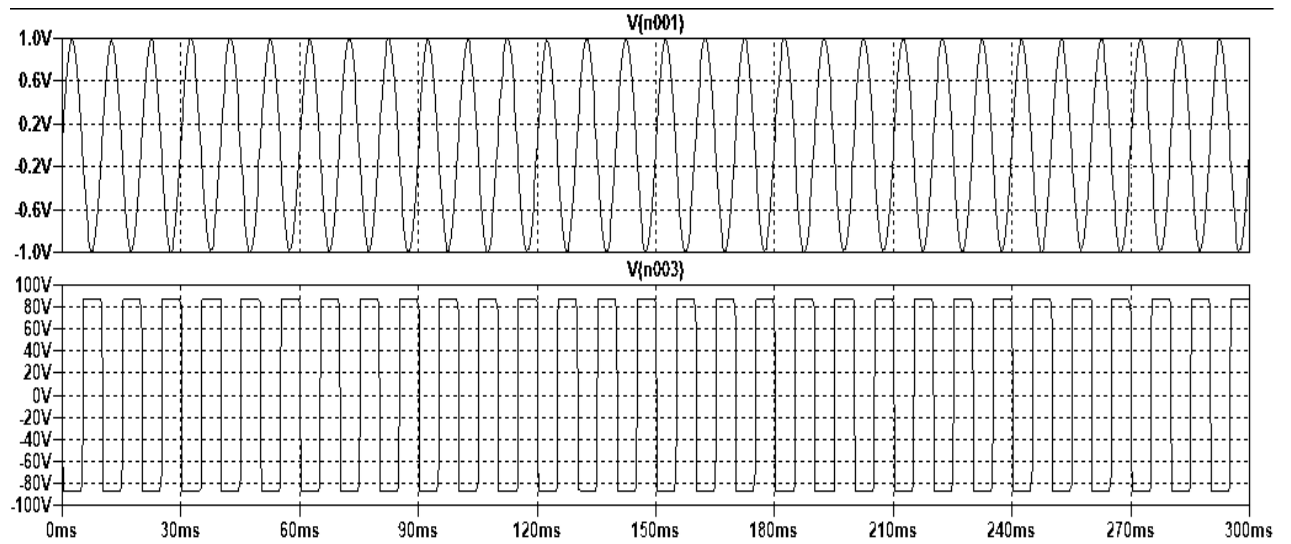


Рисунок 9 - Графики входного и выходного напряжения (син. сигнал с амплитудой 1 В и частотой 500 Гц)

3. Исследование одноходового компаратора

3.1. Соберем схему одноходового компаратора. Тип используемого операционного усилителя в соответствии с б номером варианта.

Зададим значение сопротивления резистора $R_1 = 100 \text{ Ом}$. Рассчитайте значения сопротивлений резисторов таким образом, чтобы было обеспечено требуемое значение порогового напряжения, в соответствии с соотношениями

$$U_{\text{пор}} = -U_{\text{оп}} \frac{R_1}{R_2}$$

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

В качестве источника опорного напряжения используйте источник напряжения $U_{\text{оп}} = 10 \text{ В}$.

Снимите зависимость $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$.

$$U_{\text{оп}} = -6 \text{ В}$$

$$U_{\text{пор}} = 6 \text{ В}$$

$$R_1 = 100 \text{ Ом, тогда}$$

$$U_{\text{пор}} = -U_{\text{оп}} \frac{R_1}{R_2}$$

$$R_2 = 40 \text{ Ом}$$

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 28.5 \text{ Ом}$$

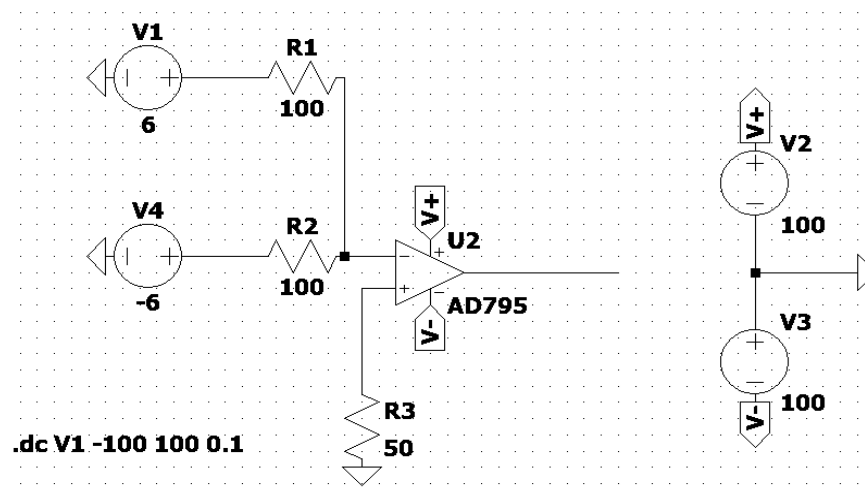


Рисунок 10 - Схема одноходового компаратора

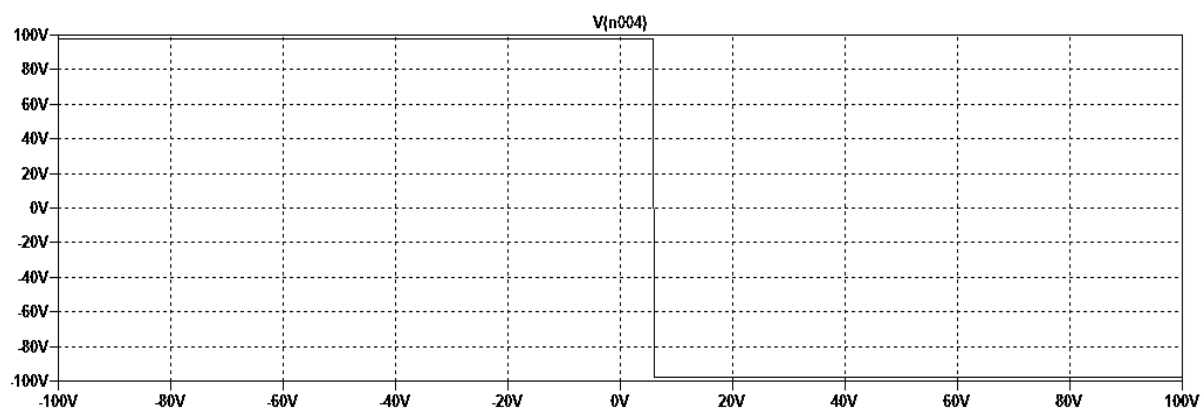


Рисунок 11 - Зависимость выходного сигнала от входного

4. Исследование двухвходового компаратора

4.1. Соберем схему двухвходового компаратора без гистерезиса на ОУ Тип используемого ОУ 6 варианта, величина опорного напряжения в соответствии с вариантом 6.

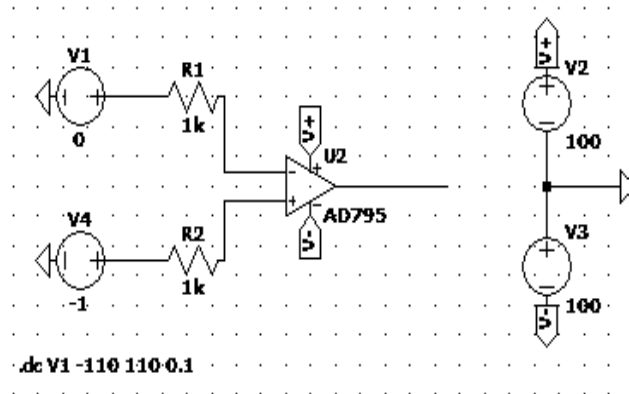


Рисунок 12 - Схема двухвходового компаратора без гистерезиса

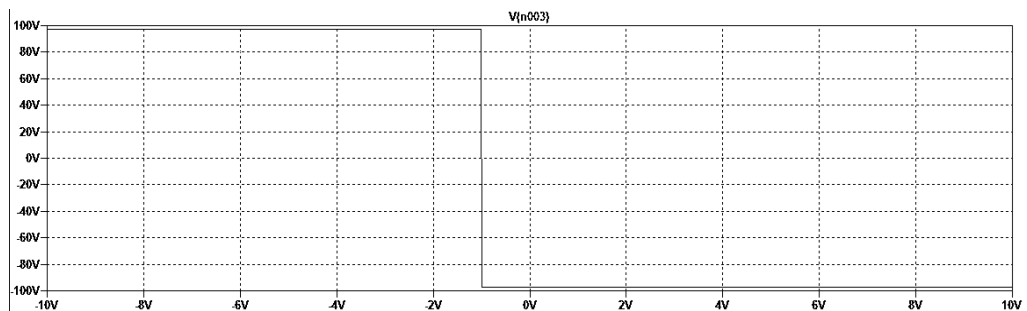


Рисунок 13 - Зависимость выходного сигнала от входного

4.2. Соберем схему двухвходового компаратора с гистерезисом на операционном усилителе 0У, рисунок – 6Х.

Рассчитайте значения сопротивлений таким образом, чтобы выполнялись требования к форме гистерезиса

$$U_{\text{ВТО}} = U_{\text{оп}} \frac{R_1}{R_1 + R_2} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} (U_{\text{нас+}})$$

$$U_{\text{НТО}} = U_{\text{оп}} \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} (U_{\text{нас-}})$$

$$U_{\Gamma} = U_{\text{ВТО}} - U_{\text{НТО}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (U_{\text{нас+}} + U_{\text{нас-}})$$

Если $U_{\text{нас+}} = |U_{\text{нас-}}|$, то

$$U_{\Gamma} = 2 \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{нас+}}$$

По условию

$$R_2 = 10 \text{ кОм}$$

$$U_{\text{оп}} = -1 \text{ В}$$

$$U_{\Gamma} = 2 \text{ В}$$

Значение резистора R_1 находится из соотношения $U_{\Gamma} = 2 \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{нас+}}$

$$R_1 = 900 \text{ Ом}$$

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 820 \text{ Ом}$$

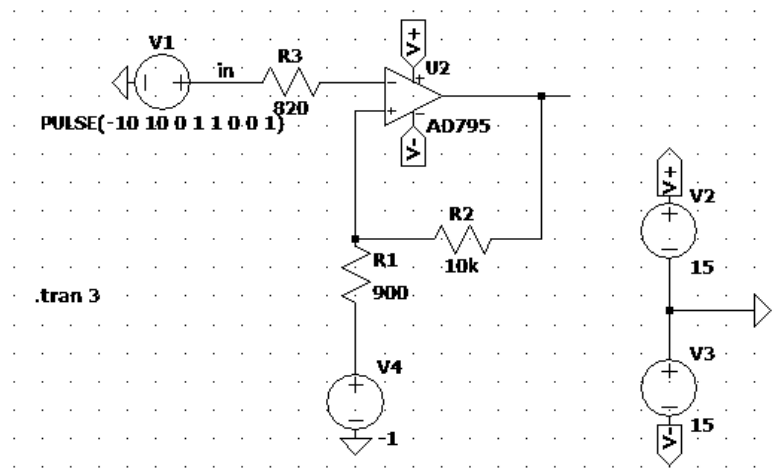


Рисунок 14 - Схема двухвходового компаратора с гистерезиса

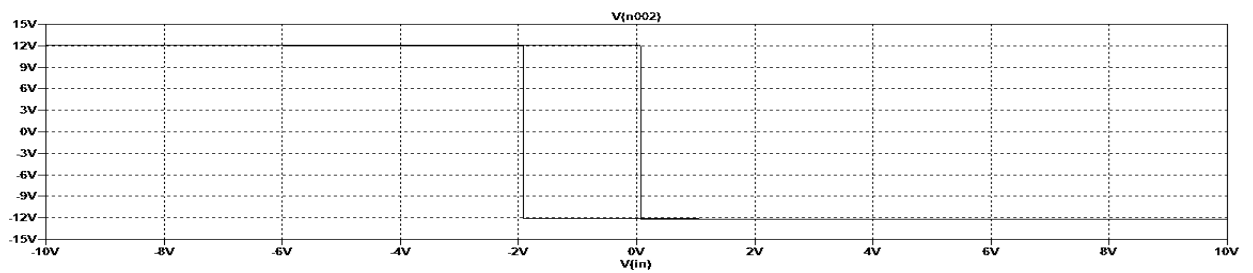


Рисунок 15 - Зависимость сигнала выхода от входа

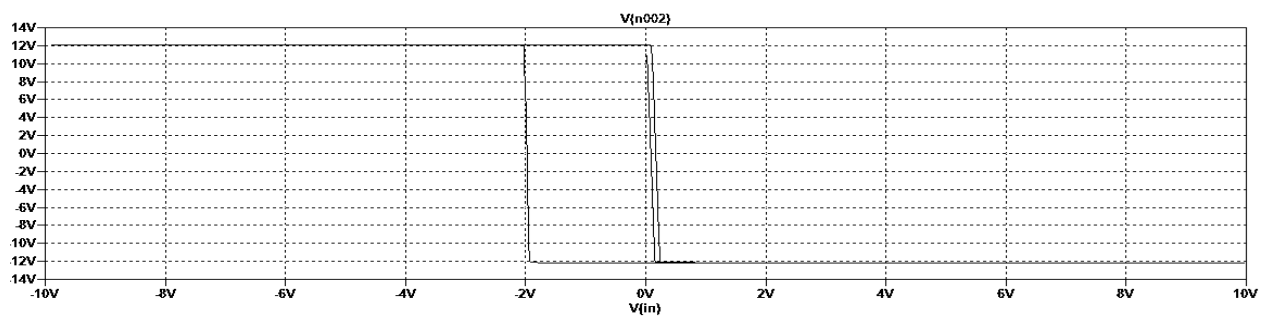


Рисунок 16 - Зависимость выходного сигнала от входного синусоидального сигнала с амплитудой 10 В и частотой 100 Гц

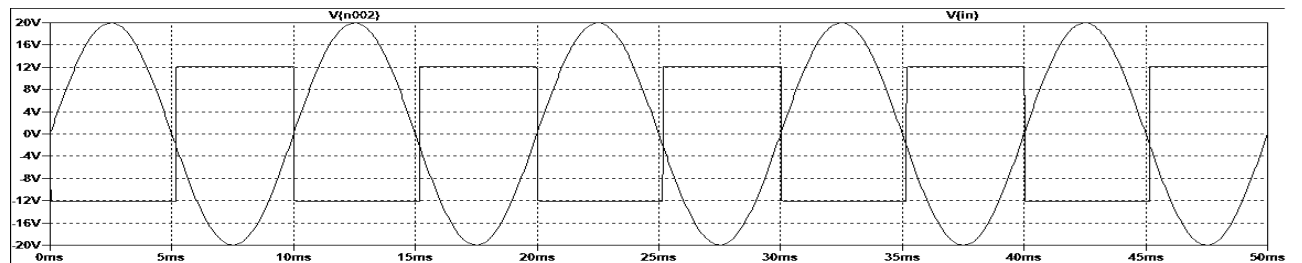


Рисунок 17 - Входной и выходной сигнал двухвходового компаратора с гистерезисом

4.3. Соберем схему триггера Шмитта с однополярным выходом

$$U_{ВТО} = 5 \text{ В}$$

$$U_{НТО} = 2 \text{ В}$$

Напряжение питания операционного усилителя $U_{\Pi} = 15 \text{ В}$, опорное напряжение $U_{\text{ОП}} = U_{\Pi}$, напряжение насыщения ОУ $U_{\text{нас}} = U_{\Pi} - 1 = 14 \text{ В}$.

Зададим ток через делитель R_1, R_2, R_3 равным $I_{\text{дел}} = 1 \text{ мА}$.

Выберем стабилитрон 1N5373В с параметрами $U_{\text{ст}} = 4,7 \text{ В}$ при $I_{\text{ст}} = 2 \text{ мА}$.

Параметры выбранного транзистора – $U_{\text{КЭнас}} = 0,1 \text{ В}$, $U_{\text{БЭ}} = 0,7 \text{ В}$, $h_{21\text{min}} = 50$, $I_{\text{н}} = 1 \text{ мА}$.

Так как $I_{\text{дел}} = 1 \text{ мА}$, то $R_2 + R_3 = \frac{U_{\text{ВТО}}}{I_{\text{дел}}} = 5 \text{ кОм}$.

$$R_1 = \frac{(U_{\text{ОП}} - U_{\text{ВТО}})}{I_{\text{дел}}} = 10 \text{ кОм}.$$

$$R_2 \text{ находим из } U_{\text{НТО}} = U_{\text{ОП}} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + U_{\text{КЭнас}} \rightarrow R_2 = \frac{(U_{\text{НТО}} - U_{\text{КЭнас}})R_1}{U_{\text{ОП}} - U_{\text{НТО}} + U_{\text{КЭнас}}} = 1450 \text{ Ом}.$$

$$R_3 = 3550 \text{ Ом}.$$

$$R_B = \frac{U_{\text{нас}} - U_{\text{БЭ}}}{I_{\text{дел}} / h_{21\text{min}}} = 665 \text{ кОм}.$$

$$R_4 = \frac{U_{\text{нас}} - U_{\text{ст}}}{I_{\text{ст}} + I_{\text{н}}} = 3,1 \text{ кОм}.$$

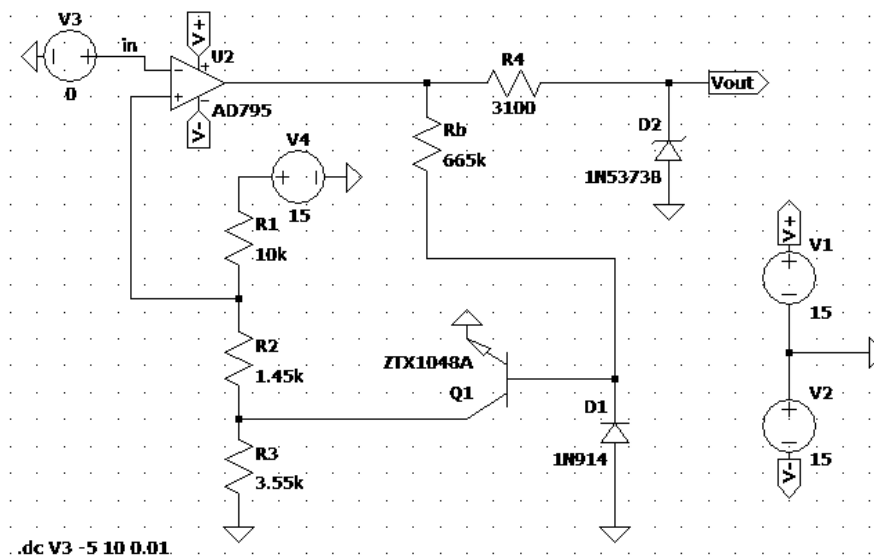


Рисунок 18 - Схема триггера Шмитта с однополярным выходом

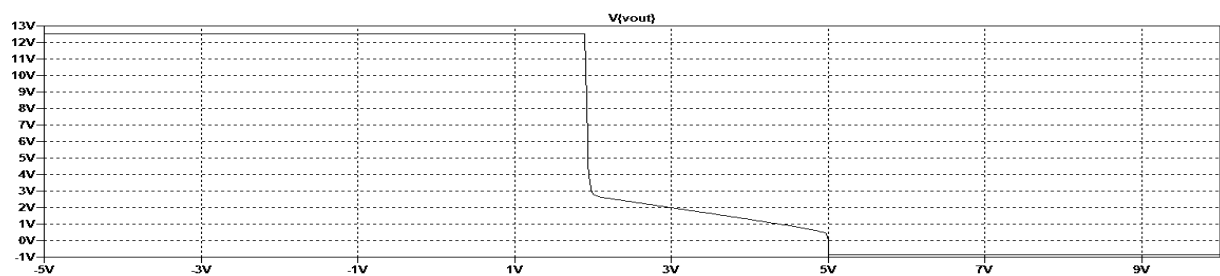


Рисунок 19 - График зависимости выходного напряжения от входного

4.4. Компаратор с окном

Пусть $U_{ВТО} = 6 \text{ В}$, $U_{НТО} = 5 \text{ В}$, напряжение питания $U_{\Pi} = 12 \text{ В}$, $U_{\text{оп}} = U_{\Pi}$, $R_{\text{Н}} = 2 \text{ кОм}$ [Фолкенбери].

Условия работы компаратора

$U_{\text{ВХ}} > U_{\text{ВТО}}$, $U_{\text{ВХ}} < U_{\text{НТО}}$ – высокий уровень выходного сигнала

$U_{\text{ВТО}} > U_{\text{ВХ}} > U_{\text{НТО}}$ – низкий уровень выходного сигнала

$$U_{\text{ВТО}} = U_{\text{оп}} \left[\frac{(R_2 + R_3)}{(R_1 + R_2 + R_3)} \right]$$

$$U_{\text{НТО}} = U_{\text{оп}} \left[\frac{R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)} \right]$$

$$U_{\text{ВТО}} = 6 \text{ В}$$

$$U_{\text{НТО}} = 5 \text{ В}$$

$$U_{\Pi} = 12 \text{ В}$$

$$U_{\text{оп}} = U_{\Pi}$$

$$R_{\text{Н}} = 2 \text{ кОм}$$

Зададим ток делителя $I_{\text{дел}} = 5 \text{ мА}$

$$R_3 = \frac{U_{\text{НТО}}}{I_{\text{дел}}} = 900 \text{ Ом}$$

Сопротивления R_1 и R_2 найдем из следующих соотношений:

$$U_{\text{ВТО}} = U_{\text{оп}} \left[\frac{(R_2 + R_3)}{(R_1 + R_2 + R_3)} \right]$$

$$U_{\text{НТО}} = U_{\text{оп}} \left[\frac{R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)} \right]$$

$$R_1 = 1700 \text{ Ом}, \quad R_2 = 400 \text{ Ом}$$

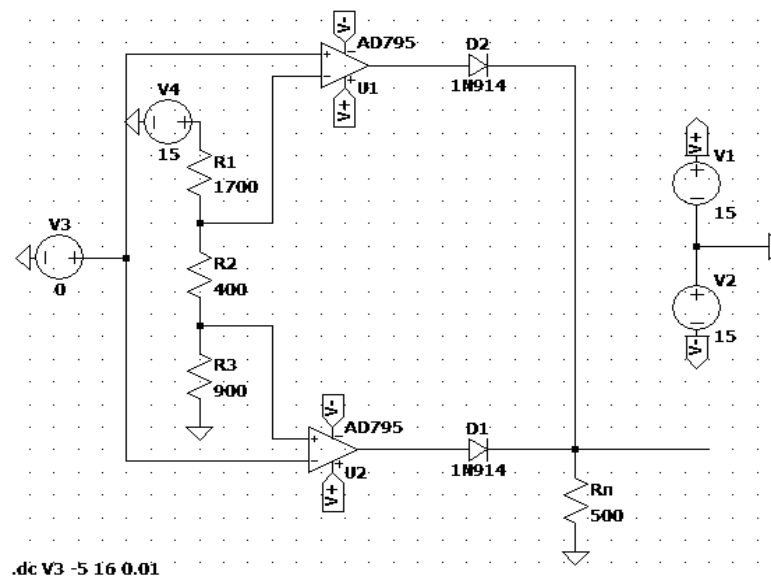


Рисунок 20 - Схема компаратора с окном

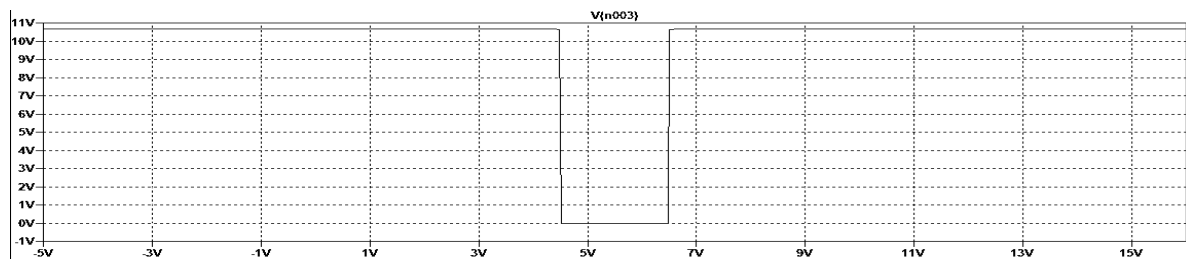


Рисунок 21 - График зависимости выходного напряжения от входного

Вывод:

В ходе выполнения данной лабораторной работы были построены схемы ограничителей и компараторов. Исследованы характеристики специализированных устройств, построенных на операционных усилителях.