

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт»

Факультет информатики и вычислительной техники

Кафедра вычислительной техники

## **Лабораторная работа №3(6)**

*по курсу «Гибридные компьютерные системы»*

Моделирование однозначных типичных нелинейностей

Выполнил

студент группы ИВ-73

Захожий Игорь

Вариант №307

Киев-2010

### Цель работы:

- ♦ изучить принципы моделирования ОТН, основанных на использовании диодных ограничителей (ДО) с включением нелинейных схем (НС) во входную цепь или в цепь обратной связи (ОС) операционных усилителей (ОУ);
- ♦ приобрести навыки настройки ДО и расчёта схем нелинейных операционных блоков (НОБ).

### Задание на лабораторную работу:

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями по данной теме;
2. Величины параметров (вариант определяется порядковым номером в списке группы):
  - $b_1, b_2, E_{огр1}, E_{огр2}$  - для моделирования ОТН «зоны нечувствительности»;
  - $b_0, U_{f1}, U_{f2}$  - для моделирования ОТН «двухстороннее ограничение по выходной переменной»;
3. Нарисовать характеристику  $U_f(U_r)$  и рассчитать параметры диодных элементов (значения сопротивлений  $R_{11}, R_{21}, R_{12}, R_{22}$ ), используемых при моделировании ОТН «зоны нечувствительности», для структуры НОБ с включением НЭ во входную цепь ОУ:
  - а) выбрать значение  $R_0=1$  МОм.
  - б) нарисовать токовую характеристику входной цепи  $i_\psi(U_r)$  рассчитываемого НОБ;
  - в) разложить токовую характеристику на отдельные слагаемые и выбрать схемы, моделирующие их;
  - г) нарисовать схему функциональную электрическую НОБ;
  - д) выбрать полярность опорного напряжения ( $+E_0$  или  $-E_0$ ) и определить значения  $R_{11}, R_{21}, R_{12}, R_{22}$ , а также выбрать значение  $E_0=10$ В;
  - е) нарисовать схему принципиальную электрическую полученного НОБ.
  - ж) выполнив моделирование НОБ в среде моделирующей программы, рассчитать погрешность реализации заданной характеристики.
4. Нарисовать характеристику  $U_f(U_r)$  и рассчитать параметры диодных элементов (значения сопротивлений), используемых при моделировании ОТН «двухстороннее ограничение по выходной переменной» для структуры НОБ с включением НЭ в цепь ОС ОУ:
  - а) выбрать значение  $R_{0с}=1$  МОм.
  - б) нарисовать токовую характеристику цепи обратной связи  $i_f(U_r)$  рассчитываемого НОБ;
  - в) разложить токовую характеристику на отдельные слагаемые и выбрать схемы, моделирующие их;
  - г) нарисовать схему функциональную электрическую НОБ;
  - д) выбрать полярность опорного напряжения ( $+E_0$  или  $-E_0$ ) и определить значения всех сопротивлений, а также выбрать значение  $E_0=10$ В;
  - е) нарисовать схему принципиальную электрическую НОБ;
  - ж) выполнив моделирование НОБ в среде моделирующей программы, рассчитать погрешность реализации заданной характеристики.

### Порядок выполнения работы:

1. Настроить диодные элементы для моделирования ОТН «зона нечувствительности», т.е. получить для каждого случая зависимости  $i_{\psi1}(U_r), i_{\psi2}(U_r)$  и  $i_\psi(U_r)$ .
2. Промоделировать схему НОБ для ОТН «зона нечувствительности». Полученные характеристики показать преподавателю.
3. Повторить п.2.2 для моделирования ОТН «двухстороннее ограничение по выходной переменной» для структуры НОБ с включением НЭ (в цепи ОС ОУ и во входной цепи).
4. Определить погрешность реализации НОБ.

### Определение варианта:

Вариант	$b_1$	$B_2$	$E_{огр1}$	$E_{огр2}$	$b_0$	$U_{f1}$	$U_{f2}$
307	-5	-2	3	-4	-4	5	-5

### Выполнение:

Для моделирования ОТН зоны нечувствительности, согласно заданному варианту, параметры равны:

$$b_1 = -5;$$

$$b_2 = -2;$$

$$E_{огр1} = 3 \text{ В};$$

$$E_{огр2} = -4 \text{ В};$$

Рассчитаем все сопротивления схем моделирования. Расчет обеих схем ДО проведем по одинаковым формулам. Выберем  $V_1 = V_2 = E_0 = 10 \text{ В}$ . Учитывая, что ограничитель будет включаться во входную цепь ОУ, и, приняв  $R_0 \sim 1 \text{ МОм}$  (для обеспечения правильной работы схемы), а коэффициент усиления ОУ определяется по формуле:

$$b_1^i = -b_i / R_0$$

$$b_1 = b_1^i * R_0 = \frac{R_0}{R_{11}}$$

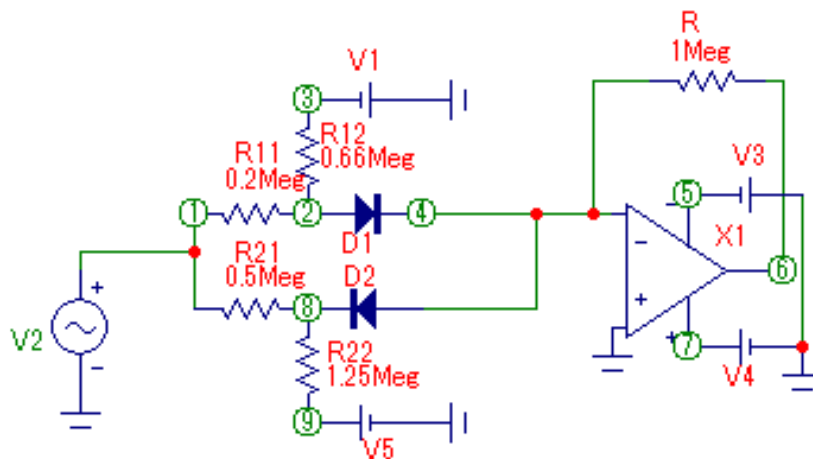
$$R_{11} = \frac{R_0}{b_1} = \frac{1 \text{ МОм}}{5} = 0.2 \text{ МОм}$$

$$R_{12} = -\frac{V_1 R_{11}}{E_{огр1}} = \frac{10 * 0.2}{3} = \frac{2}{3} = 0.66 \text{ МОм}$$

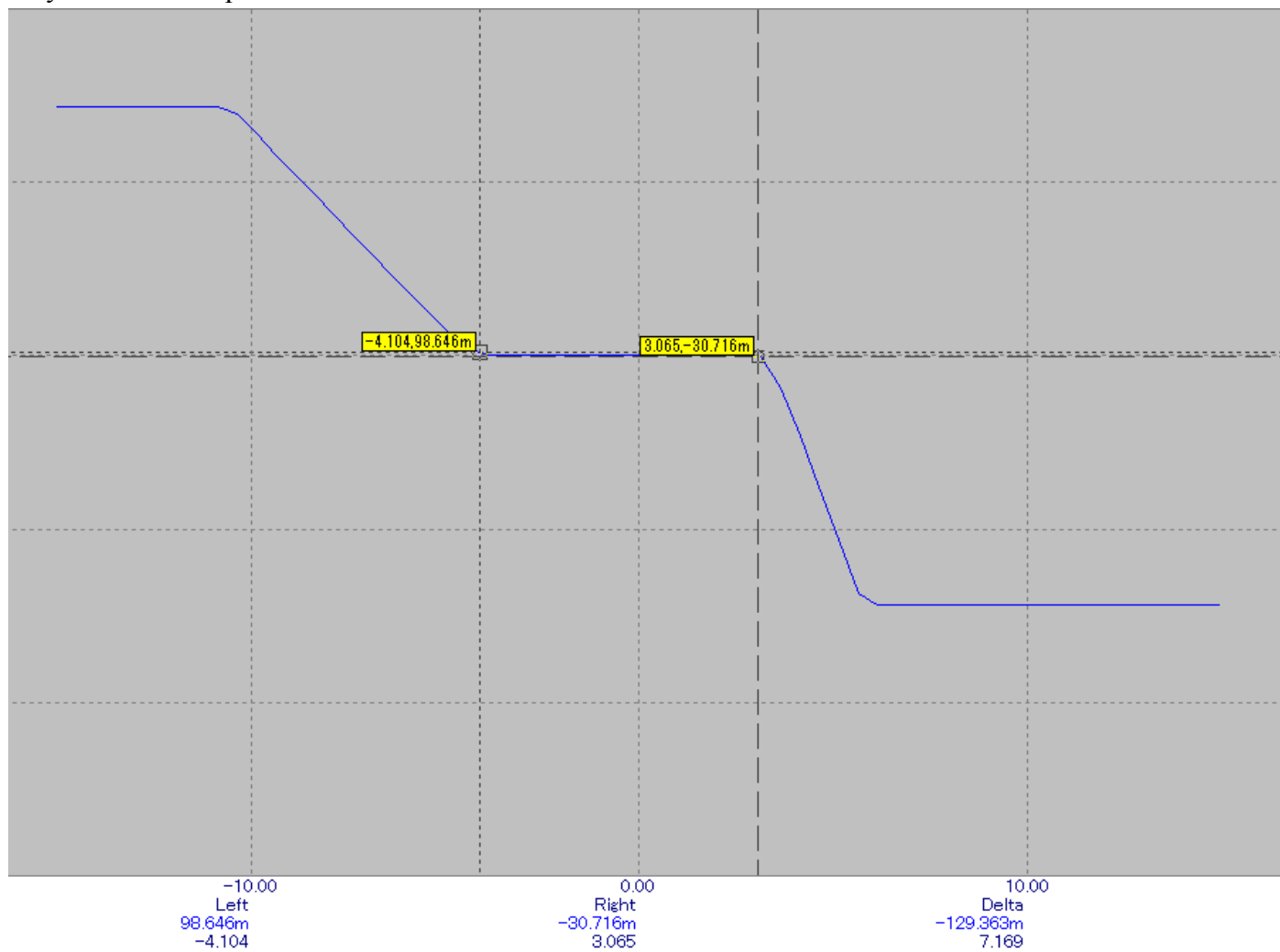
$$R_{21} = \frac{R_0}{b_2} = \frac{1 \text{ МОм}}{2} = 0.5 \text{ МОм}$$

$$R_{22} = -\frac{V_2 * R_{21}}{E_{огр2}} = \frac{10 * 0.5}{4} = 1.25 \text{ МОм}$$

Соберем принципиальную схему:



Результат моделирования:



По формуле  $\delta_i(x, y) = \frac{|R(x, y) - A(x, y)|}{|A(x, y)|}$  рассчитаем погрешность:

$$\delta_1 = \frac{|3.065 - 3|}{|3|} = 0,0216$$

$$\delta_2 = \frac{|-4.104 - (-4)|}{|-4|} = 0,026$$

Для моделирования ОТН двустороннего ограничения по выходной переменной, согласно заданному варианту, параметры равны:

$$b_0 = -4;$$

$$U_{f1} = 5 \text{ В};$$

$$U_{f2} = -5 \text{ В};$$

Рассчитаем все сопротивления схем моделирования. Расчет первой и второй схемы проводим по одинаковым формулам. Выберем  $R_2 = 4 \text{ МОм}$ ,  $E_0 = 10 \text{ В}$ . Из соотношения  $E_f = -E_0 * R_1/R_2$  находим  $R_1 = -R_2 * E_f/E_0$ . Поскольку нет необходимости точно моделировать прецизионное ограничение, то  $R_3 = 0$ .

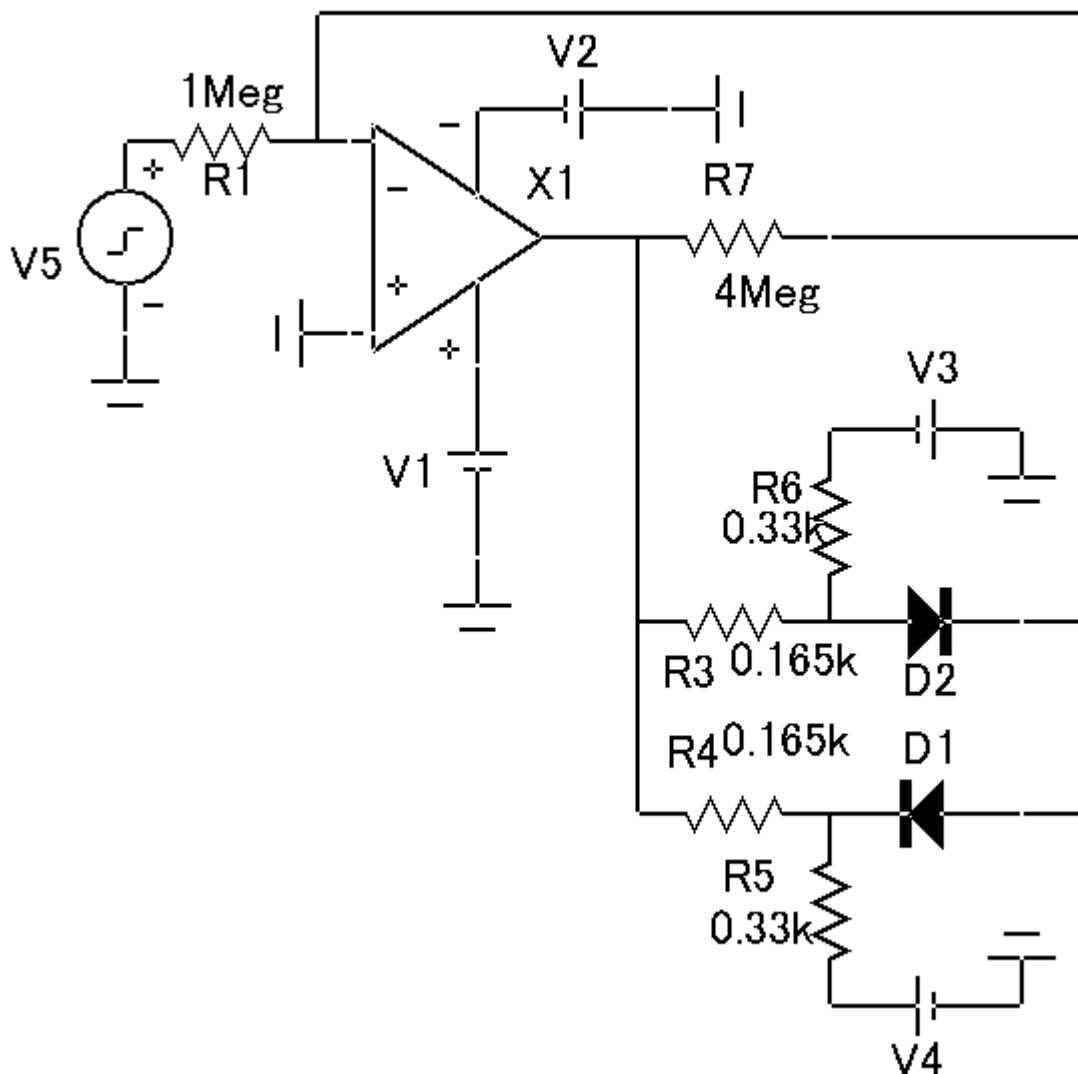
$$R_5 = R_6 = 0.33 \text{ КОм}$$

$$R_3 = 0.33 * \frac{5}{10} = 0.165 \text{ КОм}$$

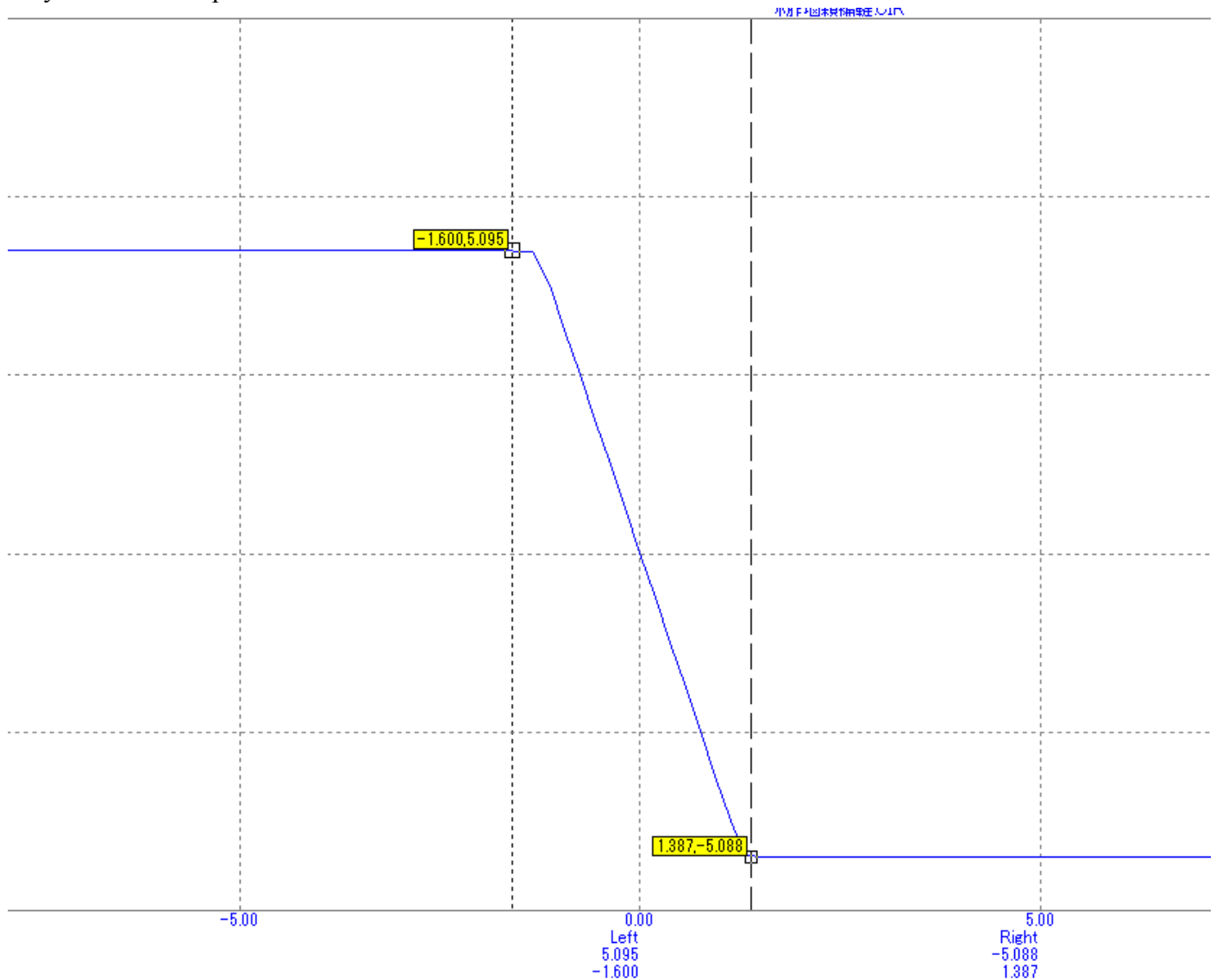
$$R_4 = 0.33 * \frac{-5}{-10} = 0.165 \text{ КОм}$$

$$R_1 = 1 \text{ МОм}$$

Соберем принципиальную схему:



Результат моделирования:



По формуле  $\delta_i(x, y) = \frac{|R(x, y) - A(x, y)|}{|A(x, y)|}$  рассчитаем погрешность:

$$\delta_1 = \frac{|5.095 - 5|}{|5|} = 0,019$$

$$\delta_2 = \frac{|-5.088 - (-5)|}{|-5|} = 0,0176$$

**Выводы:** В этой лабораторной работе я изучил принципы моделирования ОУН, основанных на использовании различных диодных ограничителей с включением нелинейных схем во входную цепь или в цепь обратной связи операционных усилителей. В данной работе было выполнено построение зоны нечувствительности с включением НЭ во входную цепь и построение зоны с непрецизионным ограничением со включением НЭ в цепь обратной связи (по 2 схеме).

Также я приобрел практический навыки настройки ДО и расчёта схем нелинейных операционных блоков.