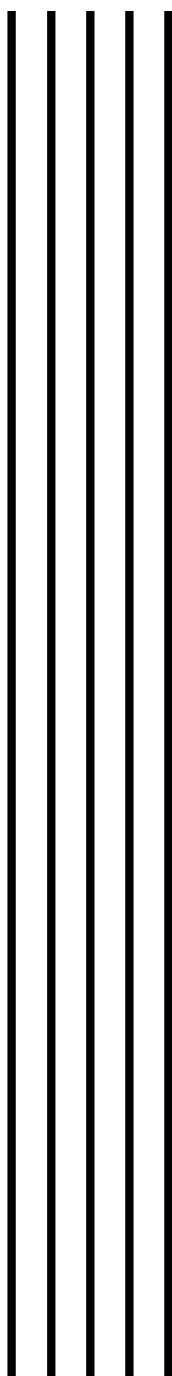




Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХКАНАЛЬНОГО КОМПАРАТОРА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Электроника»
для студентов специальности 7.09.09.01 Приборы точной
механики дневной и заочной
форм обучения

Севастополь
2009



УДК 621.396.6.038.6

Методические указания к выполнению лабораторной работе по дисциплине «Электроника» для студентов специальности 7.09.09.01 Приборы точной механики дневной и заочной форм обучения/ Сост. О.П. Чуб, В.Я. Копп - Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2009.- 12с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в выполнении лабораторной работы по дисциплине «Электроника» при изучении принципов работы компараторов, реализованных на базе операционного усилителя К157УД2.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры Автоматизированных приборных систем СевНТУ (протокол №____ от _____ 2009 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент Поливцев В.П., канд. техн. наук, доцент кафедры АТПП.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Теоретические основы.....	4
1.1. Общие сведения об аналоговых компараторах напряжения.....	4
1.2. Реализация аналогового компаратора напряжения на основе операционных усилителей.....	5
1.3. Интергальные микросхемы компараторов.....	9
2. Описание лабораторного стенда для исследования функционирования двухканального компаратора	10
3. Последовательность выполнения лабораторной работы.....	11
4. Порядок оформления и содержание отчета.....	11
5. Контрольные вопросы.....	12
Библиографический список.....	12

Цель: изучение принципа работы, основных параметров и характеристик двухканального компаратора на операционном усилителе К157УД2.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

1.1. Общие сведения

Аналоговые компараторы напряжения предназначены для определения момента равенства двух входных напряжений (рисунок 1, а) и выработки цифровых выходных сигналов 0 или 1 в зависимости от знака разности сравниваемых сигналов. Типовой компаратор имеет два входа для аналоговых сигналов и выход логического сигнала. Таким образом, компараторы, как и пороговые устройства, можно рассматривать как линейно-дискретные схемы, так как кроме функций сравнения, компаратор осуществляет формирование выходных сигналов в виде двух дискретных уровней, один из которых соответствует логической 1, а другой — логическому 0.

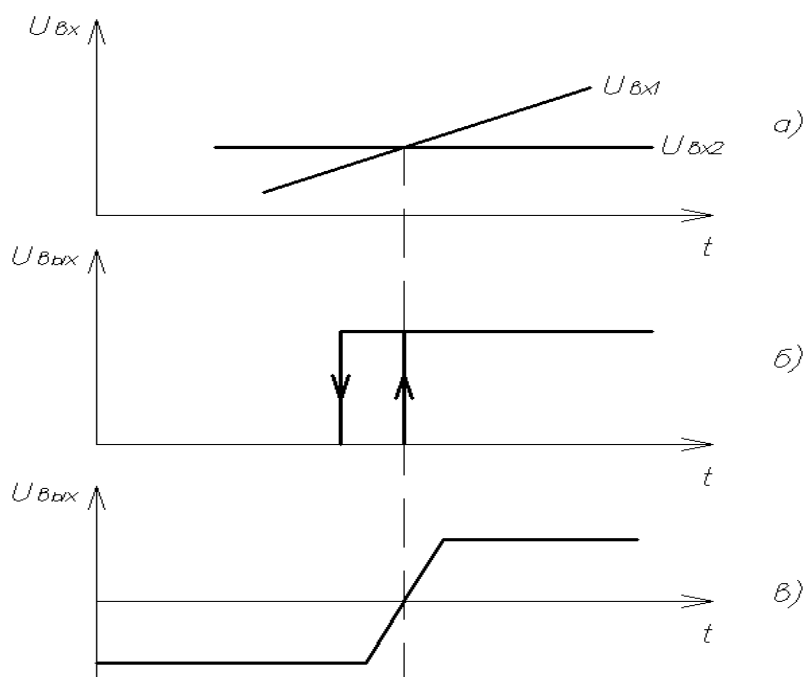


Рисунок 1 – Временные диаграммы компараторов

Компараторы напряжения можно условно разбить на две группы в соответствии с временными диаграммами: с *релейной* (гистерезисной) передаточной характеристикой (рисунок 1, б) и передаточной характеристикой, *близкой к релейной*, у которых выходной сигнал пропорционален разности входных сигналов только в очень узкой области — вблизи точки их равенства (рисунок 1, в). Основные требования к схемам компараторов: минимальная ширина петли гистерезиса передаточной характеристики, наличие которой приводит к неоднозначности срабатывания компаратора, высокие требования к точности и стабильности уровней срабатывания.

Компараторы напряжения характеризуются рядом параметров,

важнейшими из которых являются *чувствительность*, *быстродействие*, *нагрузочная способность*. *Чувствительность*, или разрешающая способность — это минимальная разность аналоговых сигналов, которую можно обнаружить компаратором и зафиксировать на выходе как цифровой сигнал, соответствующий переходу из одного логического состояния в другое. *Разрешающая способность* реального компаратора является функцией коэффициента усиления и величины логического перепада выходного напряжения. Для компараторов с коэффициентом усиления сотни тысяч и логическим перепадом единицы вольт ее значение составляет сотни микровольт. *Быстродействие* компаратора определяется временем переключения, которое оценивается при подаче на оба входа компаратора скачка напряжения 100 мВ с заданным перевозбуждением, т. е. превышением входного сигнала над пороговым напряжением. Время переключения оценивают с момента подачи входного скачка до момента, когда выходной сигнал превысит пороговый уровень напряжения, соответствующий логическим 1 или 0 в зависимости от того, в каком начальном состоянии находился компаратор. Различают время включения (длительность стадии перехода схемы из состояния логического 0 в 1) и время выключения (длительность стадии перехода из состояния логической 1 в 0) компаратора. *Нагрузочная способность* определяется количеством цифровых схем, которые можно одновременно подключить к выходу компаратора.

Гистерезис компаратора проявляется в том, что переход из состояния 0 в 1 происходит при одном входном напряжении, а возвращение из 1 в 0 — при другом. Гистерезис полностью входит в суммарную погрешность компаратора, если последний работает непрерывно и отслеживает все изменения входного сигнала при определенном пороговом напряжении. Если же компаратор работает со сбросом и фиксирует превышение сигналом порога только в одном направлении, например, при переходе его выхода из 0 в 1, то гистерезис можно не учитывать.

Компараторы выполняются на микросхемах операционных усилителей (ОУ) или в виде отдельной интегральной микросхемы (ИМС). Их отличие состоит в том, что компараторы второго типа, имея схемную реализацию, сходную с первым, выполнены по интегральной технологии в виде отдельной микросхемы. Это приводит к некоторым отличиям значений их параметров, которые будут указаны ниже.

1.2. Компараторы на операционных усилителях

Схема простейшего компаратора для сравнения однополярных сигналов приведена на рисунке 2, а. В нее входит ОУ с цепями питания и коррекции. Схема не содержит обратных связей и элементов формирования выходных уровней, совместимых с цифровыми схемами. Выходное напряжение $U_{\text{вых}} = K_{\text{ou}} (U_{\text{оп}} - U_{\text{x}})$, и, так как K_{ou} велик, а отрицательная обратная связь

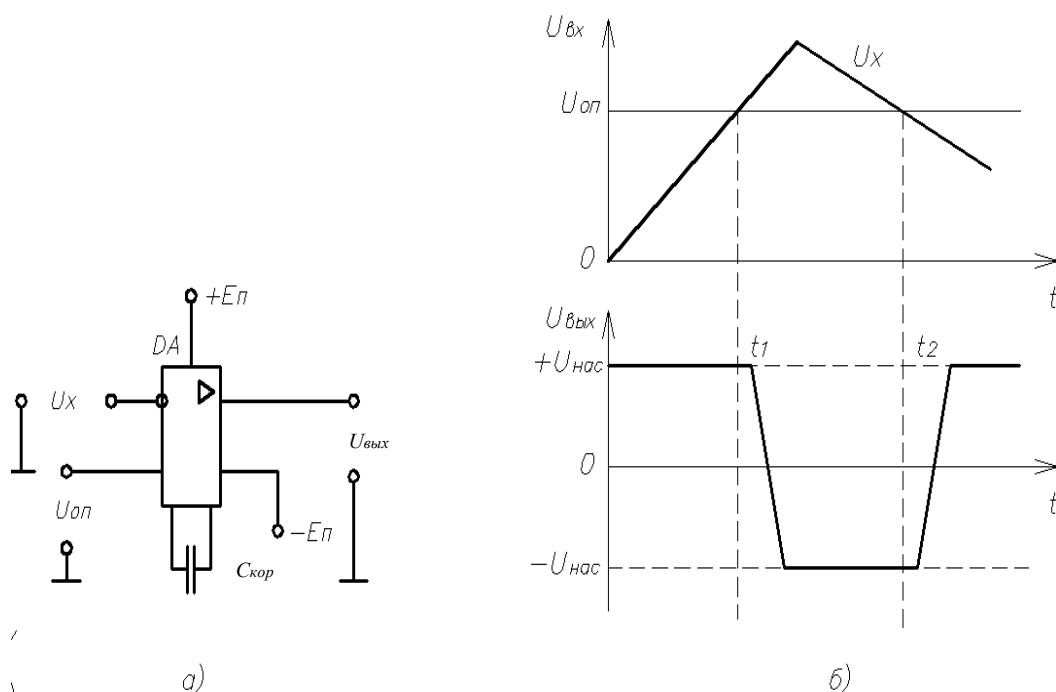


Рисунок 2 – Компаратор на операционном усилителе для сравнения однополярных сигналов

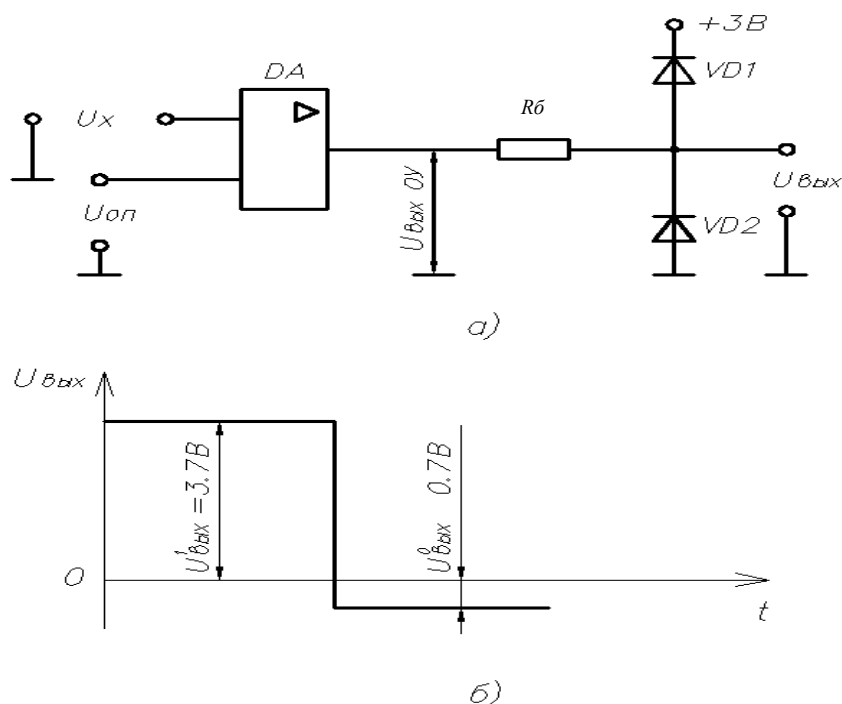


Рисунок 3 – Компаратор на операционном усилителе с диодными ограничителями

отсутствует, то оно принимает одно из двух дискретных значений $+U_{\text{нас}}$ или $-U_{\text{нас}}$ (рисунок 2, б). При $t < t_1$, $U_{\text{оп}} > U_x$, где U_x - входное напряжение. Так как $U_{\text{оп}}$ поступает на неинвертирующий вход ОУ, то достаточно даже незначительной разности $(U_{\text{оп}} - U_x)$, чтобы $U_{\text{вых}}$ приняло значение $+U_{\text{нас}}$. При

$t > t_1$, U_x начинает превышать $U_{оп}$. Так как U_x подается на инвертирующий вход ОУ, то достаточно небольшой разности $(U_x - U_{оп})$ и выходное напряжение примет значение $(-U_{нас})$ (компаратор изменит свое состояние, т.е. зафиксирует равенство $U_{вых} \approx U_{оп}$). В интервале $t_1 < t < t_2$ $U_x > U_{оп}$ и $U_{вых} = -U_{нас}$. При $t > t_2$ $U_{оп}$ опять начнет превосходить U_x , и схема примет начальное состояние ($U_{вых} = +U_{нас}$). На рисунке 2, б пунктиром приведена характеристика $U_{вых} = f(t)$ идеального компаратора (переключение происходит мгновенно при выполнении равенства $U_x = U_{оп}$). Из характеристики $U_{вых} = f(t)$ реального компаратора, изображенной сплошной линией, видно, что компаратор начинает переключаться с некоторым запаздыванием относительно t_1 и t_2 , и процесс переключения занимает конечное, хотя и небольшое время. При $U_{оп} = 0$ компаратор переключается при $U_x \approx 0$ и называется детектором нулевого уровня. На рисунке 3 приведены схема и вид выходного напряжения компаратора с диодными ограничителями в качестве элементов формирования выходных уровней. Рассмотрим в качестве примера формирование уровней $U_{вых}^1 \approx +3,7$ В, а $U_{вых}^0 \approx -0,7$ В. При $U_{вых ОУ} = +U_{нас}$ VD1 открыт, так как $+U_{нас} \gg +3$ В, а VD2 - закрыт. Падение напряжения на открытом диоде составляет порядка 0,7 В (кремниевый диод), поэтому $U_{вых}^1 \approx +3,7$ В. Когда $U_{вых ОУ} = -U_{нас}$, то VD1 - закрыт, а VD2 открыт. Поэтому $U_{вых}^0 \approx -0,7$ В. Сопротивление Rб - балластное. На нем падает избыточное $U_{вых ОУ}$. Аналогично, используя диодные ограничители, можно сформировать $U_{вых}^1$ и $U_{вых}^0$ требуемых значений.

Схема компаратора для сравнения разнополярных сигналов и элементарные диаграммы ее работы приведены на рисунке 4. Потенциал неинвертирующего входа ОУ $U_{вх}^{(+)} = 0$. При $t < t_1$, $|U_{оп}^{(+)}| > |U_x^{(-)}|$, поэтому $U_{вых ОУ} = -U_{нас}$, а $U_{вых} = -0,7$ В (VD1 - закрыт, а VD2 - открыт). При $t \geq t_1$ $|U_{оп}^{(+)}| \leq |U_x^{(-)}|$ схема изменяет свое состояние, $U_{вых ОУ} = +U_{нас}$, а $U_{вых} = +3,7$ В (VD1-открыт, VD2 - закрыт). Здесь и в дальнейшем, с целью упрощения рисунка, временная задержка при переключении компаратора не показывается. В интервале $t_1 < t < t_2$, $|U_x^{(-)}| > |U_{оп}^{(+)}|$ и $U_{вых} = +3,7$ В. При $t \geq t_2$ опять $|U_{оп}^{(+)}| > |U_x^{(-)}|$ и компаратор возвращается в исходное состояние ($U_{вых} = -0,7$ В).

Рассмотренные схемы отличаются низкой помехоустойчивостью, так как компаратор может ложно переключаться под действием помехи с напряжением U_n , наложенной на полезный сигнал (рисунок 5). При малой скорости изменения входного сигнала суммарное напряжение $(U_x + U_n)$ может несколько раз пересечь уровень $U_{оп}$ до того, как это сделает сигнал U_x . Соответственно, выходной уровень несколько раз ложно переключается из 1 в 0 и обратно, что ошибочно будет зафиксировано последующей схемой обработки информации.

Более высокой помехоустойчивостью обладает регенеративный компаратор (рисунок 6, а), в который введена положительная обратная связь (ПОС) на базе резисторов R_2 и R_4 . В этой схеме напряжение на неинвертирующем входе ОУ $U_{\text{вх}}^{(+)} = U_{\text{оп}} + U_{\text{ос}}$, где $U_{\text{ос}} = ((U_{\text{вых}} - U_{\text{оп}})R_2)/(R_2 + R_4)$. При $(U_x + U_{\text{п}}) < U_{\text{оп}}$ ($t < t_1$) напряжение $U_{\text{вых}}^1 = +3,7 \text{ В}$. В этом случае $U_{\text{вх}}^{(+)} = U_{\text{оп}} + ((3,7 - U_{\text{оп}})R_2)/(R_2 + R_4) = U_{\text{сраб}}$. За счет действия ПОС суммарное входное напряжение $(U_x + U_{\text{п}})$ сравнивается с напряжением $U_{\text{сраб}}$, большим $U_{\text{оп}}$ на величину $\Delta U_1 = ((3,7 - U_{\text{оп}})R_2)/(R_2 + R_4)$. Переключение компаратора произойдет тогда, когда $(U_x + U_{\text{п}})$ превысит $U_{\text{сраб}}$, что соответствует моменту времени $t = t_1$ (рисунок 6, б). Теперь $U_{\text{вых}} = -0,7 \text{ В}$, напряжение $U_{\text{вх}}^{(+)} = U_{\text{оп}} + ((-0,7 - U_{\text{оп}})R_2)/(R_2 + R_4) = U_{\text{оп}} - \Delta U_2 = U_{\text{отп}}$. Возвращение компаратора в исходное состояние может произойти когда $(U_x + U_{\text{п}})$ станет меньше напряжения отпускания $U_{\text{отп}}$, что соответствует моменту времени $t = t_2$. Если амплитуда помехи $U_{\text{п}}$ меньше разности $U_{\text{сраб}} - U_{\text{отп}} = \Delta U_1 + \Delta U_2$, то ложного срабатывания в том виде, как показано на рисунке 5, не будет. За счет ПОС регенеративный компаратор обладает гистерезисом: $\Delta U_r = U_{\text{сраб}} - U_{\text{отп}}$. В описываемой схеме $\Delta U_r = 4,4 \cdot R_2/(R_2 + R_4)$ (рисунок 6, в). Для уменьшения влияния начальных входных токов ОУ на работу компаратора резистор R_1 выбирают с учетом равенства $R_1 = (R_2 R_4)/(R_2 + R_4)$. Введение ПОС повышает помехоустойчивость и скорость переключения компаратора, но при этом снижается точность сравнения входных напряжений ($U_{\text{сраб}} \neq U_{\text{оп}}$; $U_{\text{отп}} \neq U_{\text{оп}}$), которая зависит от ΔU .

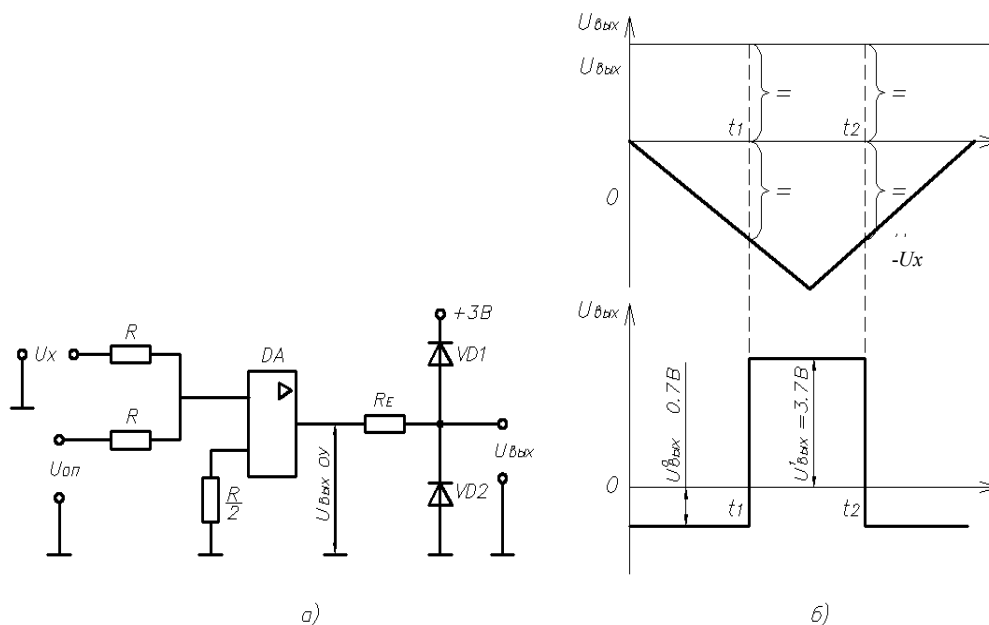


Рисунок 4 – Схема компаратора для сравнения разнополярных сигналов

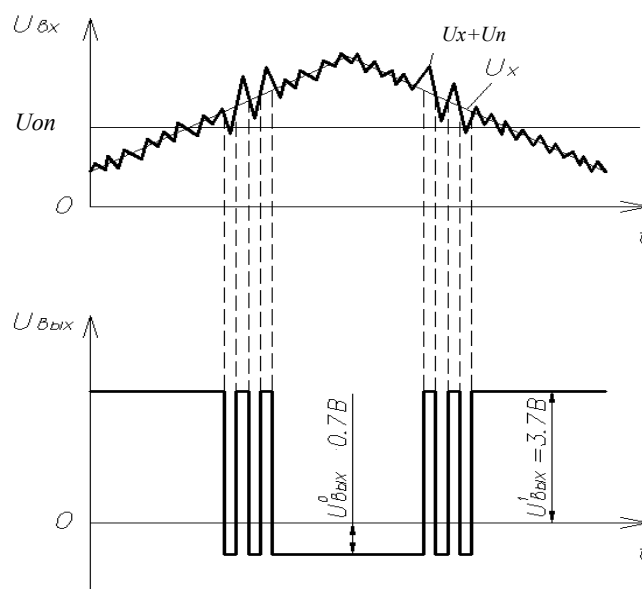


Рисунок 5 – Временные диаграммы работы компараторов для сравнения одно- и разнополярных сигналов при появлении ложных срабатываний

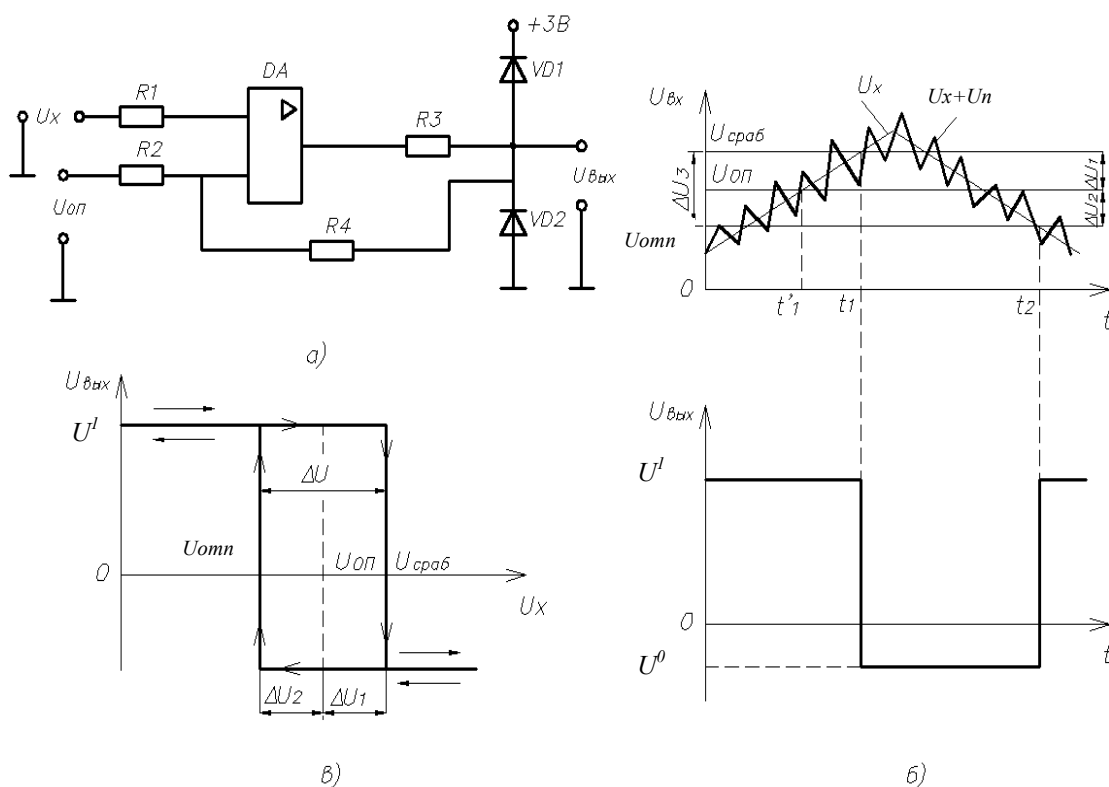


Рисунок 6 – Схема и диаграммы работы регенеративного компаратора

1.3. Интегральные микросхемы компараторов

Микросхемы имеют узел формирования выходного напряжения логической единицы и нуля. ИМС компараторов могут использоваться для сравнения однополярных и разнополярных входных сигналов. Некоторые из них имеют дополнительный вход стробирования (управления). Изменяя

уровень сигнала на этом входе, можно разрешать или запрещать работу компаратора. При запрещающем уровне на этом входе $U_{\text{вых}} = 0$ независимо от соотношения входных напряжений. Стробирование позволяет считывать показания с выхода компаратора в нужные моменты времени.

ИМС компараторов характеризуются *коэффициентом усиления, входным сопротивлением, коэффициентом ослабления синфазного сигнала, напряжением смещения нуля, значениями входных токов, порогом чувствительности* (разрешающая способность). Последняя характеризует точность сравнения сигналов и соответствует их минимальной разности, при которой напряжение на выходе достигает уровня срабатывания логического элемента, временем срабатывания.

Компараторы на ИМС позволяют сравнивать сигналы с порогом чувствительности, равным десяткам микровольт, при времени переключения порядка единиц микросекунд. Специализированные компараторы имеют несколько худший порог чувствительности (порядка сотен микровольт) при меньшем времени переключения (порядка сотен наносекунд).

2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДВУХКАНАЛЬНОГО КОМПАРАТОРА

В данной лабораторной работе исследуется функционирование двухканального компаратора на ОУ К157УД2, рисунок 7. Компаратор имеет два входа напряжений (точки 2, 5) и два выхода дискретных сигналов (точки 13, 9), при появлении которых происходит световая сигнализация благодаря наличию в схеме светодиодов VD4, VD5. Опорное напряжение $U_{\text{оп}} = 6,8\text{В}$ подается на входы 3 и 6 операционных усилителей с выхода стабилизатора VD1 (КС 168А). Опорное напряжение задает уровень, с которым будут сравниваться первый и второй входные сигналы. В схеме предусмотрена кнопка КН1 включения регулируемого ограничения (резистором R8) уровня выходных сигналов в диапазоне 0...10В. Без использования режима ограничения выходные импульсные сигналы противоположной полярности имеют амплитуду 12В. Переключатель П1 дает возможность поочередно измерять при помощи вольтметра μV1 следующие параметры, соответствующие различным положениям переключения: 1 – опорное напряжение, 2 и 3 – первое и второе входные напряжения, 4 и 5 – первое и второе выходные напряжения.

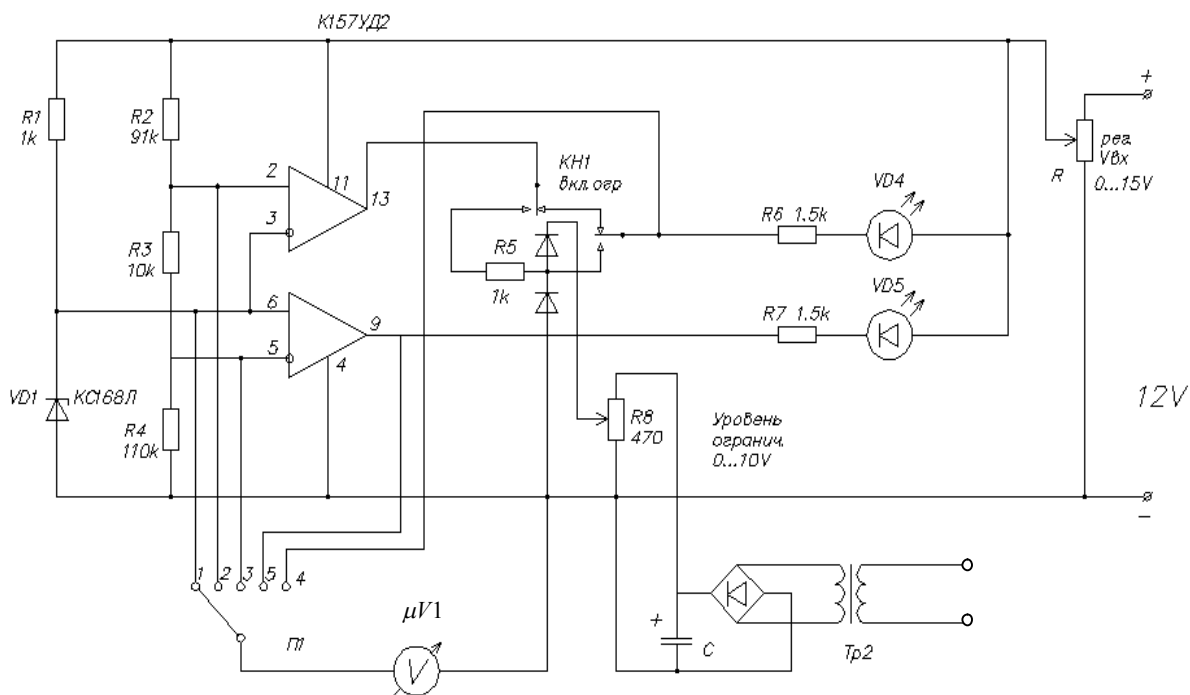


Рисунок 7 – Схема лабораторного стенда по исследованию работы двухканального компаратора на ИМС ОУ K157УД2

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Этапы выполнения лабораторной работы следующие:

- ознакомление с основными теоретическими положениями и составом лабораторного оборудования;
- выполнение исследования компаратора, построение графиков временных диаграмм входных и выходных напряжений;
- анализ полученных результатов и формулировка выводов.

Исследование двухканального компаратора:

- подключить питание лабораторного стенда;
- экспериментально определить уровень опорного напряжения $U_{оп}$, задаваемого стабилитроном VD1, по шкале $\mu V1$, для чего использовать переключение П1 в положение 1;
- меняя уровни входного первого, а затем входного второго напряжений в диапазоне 0...8В и 8...0В, убедиться в срабатывании светодиодов при равенстве входных напряжений опорному; зафиксировать уровни входного напряжения по $\mu V1$, соответствующие срабатыванию светодиодов;
- зарисовать временные диаграммы первого и второго входных, а также и выходных напряжений ($U_{вых1} = f(t)$ и $U_{вых2} = f(t)$, $U_{вх1} = f(t)$ и $U_{вх2} = f(t)$), отметить уровень опорного напряжения.

4. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД к текстовым документам (ГОСТ 2.106-96). При оформлении титульного листа необходимо указать следующие основные данные: название лабораторной работы, шифр студенческой группы, ФИО студента, ФИО и должность преподавателя.

В основной части отчета следует привести цель работы, основные теоретические положения, результаты исследований.

Выводы должны отвечать цели лабораторной работы.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение аналоговых компараторов напряжения.
2. Назвать и кратко охарактеризовать схемы включения компараторов на операционном усилителе.
3. Перечислить состав лабораторного оборудования.
4. Пояснить функционирование схемы, представленной на рисунке 7.
5. Каковы основные характеристики ИМС компараторов?
6. Каково назначение входа стробирования ИМС компараторов?

Библиографический список

1. Скаржепа В.А. Электроника и микросхемотехника: Лабораторный практикум/ В.А. Скаржепа, А.А. Новацкий, В.И. Сенько; под общ. ред. А.А. Краснопрошиной.- К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 279 с.
2. Горбачев Г.Н. Промышленная электроника: учебник для вузов/ Г.Н. Горбачев, Е.Е. Чаплыгин; под ред. В.А. Лабунцова. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 320 с.: ил.
3. Схемотехника электронных систем: учебник: в 2 т./ В.Я. Жуйков, В.И. Бойко, А.А. Зори, В.М. Спивак - К.: Аверс, 2002. – 772 с.

Заказ №_____ от «___» _____ 2009. Тираж _____ экз.
Изд-во Сев НТУ