

**Практические работы по дисциплине**

**«Технология монтажа устройств, блоков и приборов радиоэлектронной техники»**

**[Electronic Workbench 5.12](#)**

**[Схемы](#) готовые для Electronic Workbench**

## Оглавление

Практическая работа 1. Логические схемы и функции. ....	5
Практическая работа 2. Построение дешифратора знаков. ....	8
Практическая работа 3. Исследование дешифраторов. ....	9
Практическая работа 4. Исследование мультиплексоров. ....	10
Практическая работа 5. Исследование компараторов. ....	12
Практическая работа 6. Исследование сумматоров. ....	13
Практическая работа 7. Исследование триггеров. ....	14
Практическая работа 8. Исследование работы регистров. ....	16
Практическая работа 9. Цифровые устройства. ....	17
Практическая работа 10. Исследование работы счётчиков. ....	19
Практическая работа 11. Исследование работы счётчиков. ....	21
Практическая работа 12. АЦП и ЦАП. ....	22
Практическая работа 13. Исследование работы микросхем различных серий. ....	25
Практическая работа 14. Моделирование работы элементов памяти. ....	26
Практическая работа 15. Решение задач. ....	27
Практическая работа 16. Дифференцирующие RC - цепи. Исследование работы. ....	30
Практическая работа 17. Дифференцирующие RC - цепи. ....	32
Исследование реакции цепи на напряжение различной формы. ....	32
Практическая работа 18. Интегрирующие RC - цепи. Исследование работы. ....	33
Практическая работа 19. Интегрирующие RC - цепи. ....	35
Исследование реакции цепи на напряжение различной формы. ....	35
Практическая работа 20. Диодные ограничители. ....	37
Практическая работа 21. Диодные формирователи. ....	39
Практическая работа 22. Задание рабочей точки в транзисторном каскаде. ....	40
Практическая работа 23. Исследование каскада с общим эмиттером. ....	42
Практическая работа 24. Транзисторные ключи. ....	43
Практическая работа 25. Характеристики операционного усилителя. ....	44
Практическая работа 26. Неинвертирующий ОУ. ....	46

Практическая работа 27. Исследование компараторов на ОУ.....	48
Практическая работа 28. Суммирование напряжений в схемах на ОУ.....	50
Практическая работа 29. Дифференцирующие и интегрирующие схемы на основе ОУ.....	51
Практическая работа 30. Импульсные устройства.....	53

## Практическая работа 1. Логические схемы и функции.

### Цель занятия:

Исследовать логические схемы; научиться реализовывать логические функции при помощи логических элементов; синтезировать логические схемы, выполняющие заданные логические функции.

### 1. Исследование логической функции И.

1) открыть файл c12\_01. Установить переключатель В в нижнее положение. Измерить напряжение на входе В (записать показания вольтметра). Определить с помощью логического пробника уровень логического сигнала (красная лампочка соответствует логической единице, белая – логическому нулю).

2) Установить переключатель В в верхнее положение. Измерить напряжение на входе В (записать показания вольтметра). Определить с помощью логического пробника уровень логического сигнала (красная лампочка соответствует логической единице, белая – логическому нулю).

3) заполнить таблицу истинности, подавая на входы все возможные комбинации сигналов и фиксируя уровни выходного сигнала:

A	B	Y

### 2. Исследование логической функции И-НЕ.

1) подключить инвертор к выходу элемента И предыдущей схемы. ВНИМАНИЕ! ИЗМЕНЕНИЯ НЕ СОХРАНЯТЬ!

2) заполнить таблицу истинности, подавая на входы все возможные комбинации сигналов и фиксируя уровни выходного сигнала:

A	B	Y

### 3. Исследование логической функции ИЛИ.

1) собрать самостоятельно схему для реализации функции ИЛИ.

2) заполнить таблицу истинности, подавая на входы все возможные комбинации сигналов и фиксируя уровни выходного сигнала:

A	B	Y

### 4. Исследование логической функции ИЛИ-НЕ.

1) собрать самостоятельно схему для реализации функции ИЛИ-НЕ.

2) заполнить таблицу истинности, подавая на входы все возможные комбинации сигналов и фиксируя уровни выходного сигнала:

A	B	Y


### 5. Исследование логических схем с помощью генератора слов.

1) открыть файл с12\_02. Заполнить таблицу:

Параметры исследуемой микросхемы	Значения параметров
Название	
Обозначение выводов для подключения источника питания	
Число элементов И-НЕ в микросхеме	
Число исследуемых элементов 2И-НЕ	
Обозначения используемых входов	
Обозначение используемого выхода	

2) запрограммировать генератор слов так, чтобы на выходе генератора получать следующие комбинации: 00, 01, 10, 11. Перевести генератор в режим пошаговой работы (step)

3) заполнить таблицу истинности, подавая на входы все возможные комбинации сигналов и фиксируя уровни выходного сигнала:

A	B	Y

### 6. Реализация логической функции трёх переменных.

1) реализовать функцию  $f = a * b + \text{бинверсное} * c$  на элементах И-НЕ.

2) зарисовать схему.

3) заполнить таблицу истинности:

a	b	c	f

4) по таблице составить аналитическое выражения для функции.

### Контрольные вопросы:

1. Может ли быть логическим сигналом уровень напряжения?
2. Может ли быть логическим сигналом состояние контакта?
3. Может ли быть логическим сигналом свечение светодиода?
4. Какая логическая функция описывает поведение системы пуска трёхфазного двигателя? (Двигатель может быть запущен, если три датчика подтвердят наличие фазных напряжений).
5. Датчик температуры состоит из контакта, который замыкается или размыкается при превышении температуры. При замыкании контакта вырабатывается сигнал логической единицы, при размыкании – логического нуля. Какую схему следует использовать для обнаружения срабатывания хотя бы одного датчика пожарной сигнализации?
  - а) при повышении температуры контакт замыкается;

б) при повышении температуры контакт размыкается.

6. Какой сигнал должен быть подан на неиспользуемые входы элемента 8И-НЕ, если требуется реализовать функцию 5И-НЕ?
7. Какой сигнал должен быть подан на неиспользуемые входы элемента 8ИЛИ-НЕ, если требуется реализовать функцию 4ИЛИ-НЕ?
8. Имеются элементы 2И-НЕ. Как на их основе сделать схему 3И-НЕ?
9. Как будет вести себя схема И, если на одном из входов из-за внутренней неисправности будет постоянно присутствовать логическая единица? Логический ноль?
10. Как будет вести себя схема ИЛИ, если на одном из входов из-за внутренней неисправности будет постоянно присутствовать логическая единица? Логический ноль?

## **Практическая работа 2. Построение дешифратора знаков.**

САМОСТОЯТЕЛЬНО разработать, собрать, проверить работоспособность и зарисовать схему преобразователя двоичного кода в семисегментный.

## Практическая работа 3. Исследование дешифраторов.

### Цель работы:

Ознакомиться с принципом работы дешифраторов; исследовать влияние управляющих сигналов на работу дешифраторов; научиться реализовывать функциональные модули на основе дешифраторов.

### 1. Исследование принципа работы дешифратора 3\*8 в основном режиме.

1. Открыть файл c13\_01, включить схему.
2. Подать на вход G логическую единицу и записать уровни сигналов у0-у7.
3. Подать на вход G логический ноль, а на входы A, B, C- все возможные комбинации сигналов.
4. Составить таблицу истинности.

### 2. Исследование принципа работы дешифратора 3\*8 в режиме 2\*4.

1. В предыдущей схеме вход C подключить к земле. На оставшиеся входы подать все возможные комбинации.
2. Заполнить таблицу истинности.
3. Указать выходы, на которых уровень сигнала не меняется.
4. В предыдущей схеме вход C подключить к источнику логической единицы. На оставшиеся входы подать все возможные комбинации.
5. Заполнить таблицу истинности.
6. Указать выходы, на которых уровень сигнала не меняется.

### 3. Исследование дешифратора 3\*8 с логической схемой на выходе.

1. Открыть файл c13\_03, включить схему.
2. Установить генератор слов в пошаговый режим. Последовательно подавая слова от генератора, составить таблицу истинности.
3. По таблице составить аналитическое выражение функции.

### 4. Исследование микросхемы 74138.

1. Открыть файл c13\_04, включить схему.
2. Установить генератор слов в пошаговый режим.
3. Установить  $G1=0$ ,  $G2A=G2B=1$ . Подавая на A, B, C слова от генератора, заполнить таблицу функционирования дешифратора.
4. Установить  $G1=G2A=1$ ,  $G2B=0$ . Подавая на A, B, C слова от генератора, заполнить таблицу функционирования дешифратора.
5. Установить  $G1=1$ ,  $G2A=G2B=0$ . Подавая на A, B, C слова от генератора, заполнить таблицу функционирования дешифратора.

### 5. Исследование микросхемы 74138 с помощью логического анализатора.

1. Открыть файл c13\_05, включить схему.
2. Установить генератор слов в пошаговый режим.
3. Установить  $G1=1$ ,  $G2A=G2B=0$ . Подавая на A, B, C слова от генератора, получить временные диаграммы работы дешифратора на экране логического анализатора и зарисовать их.
4. Сравнить диаграммы с таблицей из п.4. Имеется ли соответствие?

### 6. Разработать и собрать схему дешифратора 4\*16 на основе дешифратора 3\*8. Проверить правильность работы схемы.

Зарисовать в отчёт схему.



## Практическая работа 4. Исследование мультиплексоров.

**Цель работы:** ознакомиться с принципом работы мультиплексора.

### 1. Исследование мультиплексора.

Открыть файл c13\_06. На вход G подать логический ноль. На входы A, B, C подать все возможные комбинации и определить, переключение какого из ключей изменяет состояние выхода Y и W. Результат оформить в виде таблицы истинности.

### 2. Исследование мультиплексора с помощью генератора слов.

Открыть файл c13\_07. Подавать в пошаговом режиме слова данных от генератора слов. Заполнить таблицу истинности.

### 3. Реализация заданной функции с помощью мультиплексора.

Открыть файл c13\_08. Заполнить таблицу истинности, составить аналитическое выражение.

### 4. Разработать, зарисовать, собрать и проверить работу схемы на основе мультиплексора для реализации заданной функции:

Вариант 1.  $F = CBA + C\bar{B}A + \bar{C}BA$

Вариант 2.  $F = BA + CB + CBA$

Вариант 3.  $F = CA + BA$

Вариант 4.  $F = CBA + CA + CBA$

Вариант 5.  $F = CB + CBA + CBA$

Вариант 6.  $F = CBA + BA + CA$

Вариант 7.  $F = C + BA$

Вариант 8.  $F = CBA + CA$

Вариант 9.  $F = CA + CB$

Вариант 10.  $F = BA + CB + CA$

Вариант 11.  $F = C + BA$

Вариант 12.  $F = CBA + CA$

Вариант 13.  $F = CBA + CBA$

Вариант 14.  $F = CB + CA + CBA$

Вариант 15.  $F = CB + CA + CBA$

Вариант 16.  $F = CB + CA + BA$

Пример:  $F = \bar{C} \bar{B} \bar{A} + CBA + \bar{C} BA + CB \bar{A}$ .

Т.е. 000, 111, 011, 110.

C	B	A	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

Т.е. на входы 0,3,6,7 подаётся логическая единица, а входы 1,2,4,5 заземляются, т.е. на них подаётся логический ноль.

**5. На мультиплексоре 8\*1 построить мультиплексор 16\*1. Зарисовать, собрать и проверить работу схемы.**

## **Практическая работа 5. Исследование компараторов.**

*Цель работы:* исследовать работу схем компараторов.

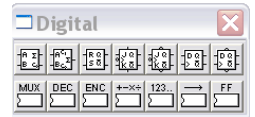
*Задание:* построить схему компаратора для сравнения двух двухразрядных чисел и проверить правильность её работы.

Зарисовать схему в отчёт.

## Практическая работа 6. Исследование сумматоров.

*Цель работы:* исследовать работу схем сумматоров.

1. Собрать схему одноразрядного полусумматора на элементах ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и И. Проверить правильность работы.
2. Собрать схему одноразрядного полусумматора на микросхеме полусумматора (вкладка , первый элемент). Проверить правильность работы.
3. Собрать схему одноразрядного полного сумматора на микросхеме сумматора (вкладка , второй элемент). Проверить правильность работы.
4. Собрать схему сумматора для сложения двух четырёхразрядных чисел. Проверить правильность работы. Зарисовать схему в отчёт.



## Практическая работа 7. Исследование триггеров.

### 1. Исследование RS-триггера.

Открыть файл c14\_01. Подать на вход все возможные комбинации. Составить таблицу функционирования.

Построить временные диаграммы.

### 2. Исследование $\overline{RS}$ -триггера.

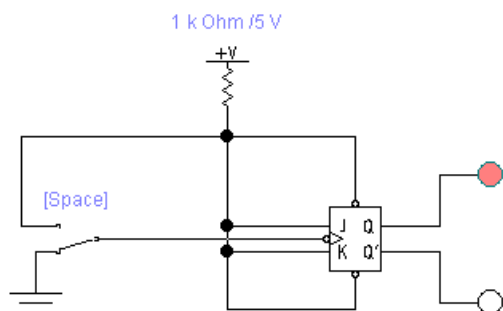
Открыть файл c14\_02. Подать на вход все возможные комбинации. Составить таблицу функционирования. Построить временные диаграммы.

### 3. Исследование JK-триггера.

Открыть файл c14\_03. Подать на вход все возможные комбинации. Составить таблицу функционирования. Построить временные диаграммы.

### 4. Исследование JK-триггера в счётном режиме (Т-триггер).

Собрать схему. Подать на вход все возможные комбинации. Составить таблицу функционирования. Построить временные диаграммы. Определить фронт переключения.



### 5. Исследование JK-триггера, построенного на базе логических элементов и RS-триггеров.

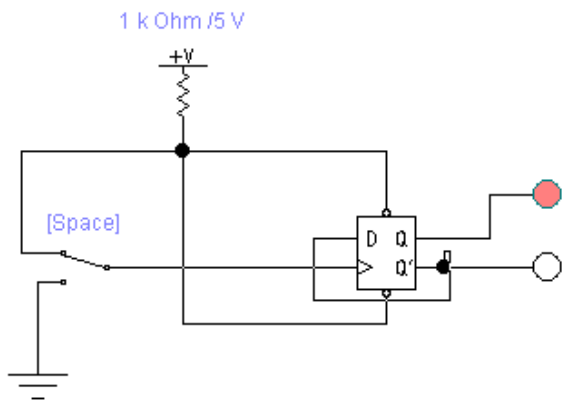
Открыть файл c14\_04. Подать на вход все возможные комбинации. Составить таблицу функционирования. Построить временные диаграммы.

### 6. Исследование Д-триггера.

Открыть файл c14\_05. Подать на вход все возможные комбинации. Составить таблицу функционирования. Построить временные диаграммы.

### 7. Исследование Д-триггера в счётном режиме.

Собрать схему. Подать на вход все возможные комбинации. Составить таблицу функционирования. Построить временные диаграммы. Определить фронт переключения.



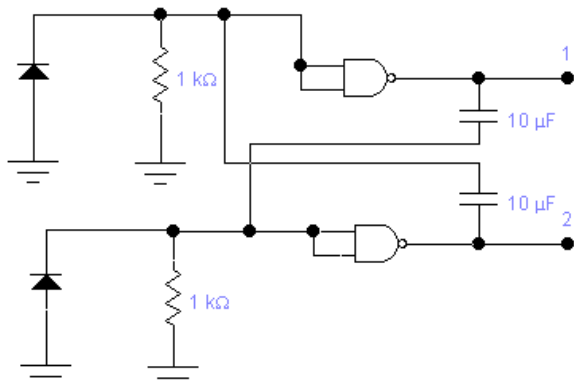
## **Практическая работа 8. Исследование работы регистров.**

- 1. На Д-триггерах построить четырёхразрядный регистр памяти. Убедиться в его работоспособности. Зарисовать схему в отчёт.**
- 2. На Д-триггерах построить четырёхразрядный регистр сдвига вправо. Убедиться в его работоспособности. Зарисовать схему в отчёт.**
- 3. На Д-триггерах построить четырёхразрядный регистр сдвига влево. Убедиться в его работоспособности. Зарисовать схему в отчёт.**
- 4. На Д-триггерах построить четырёхразрядный кольцевой регистр. Зарисовать схему в отчёт.**

## Практическая работа 9. Цифровые устройства.

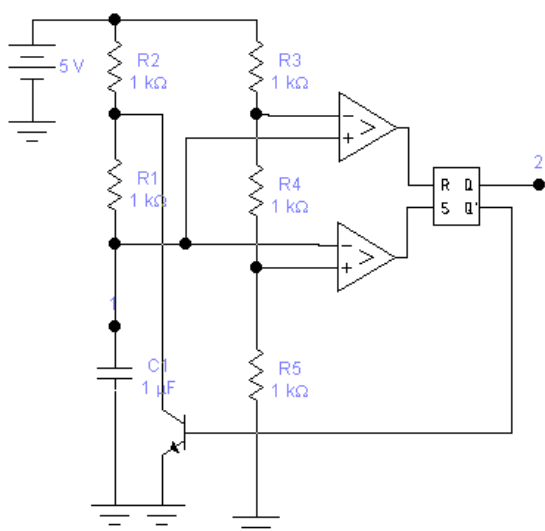
### 1. Мультивибратор на логических элементах.

Собрать схему. Подключить осциллограф к точке 1 ( $U_{\text{вых1}}$ ) или к точке 2 ( $U_{\text{вых2}}$ ). Зарисовать осциллограмму. Определить по осциллографу амплитуду, длительность, период и частоту импульсов.



### 2. Таймер.

Собрать схему.



К точкам 1 и 2 подключить осциллограф.

А) Зарисовать осциллограммы.

Б) Заполнить таблицу 1.

Таблица 1.

C1	1мкФ	5мкФ	10мкФ	1мФ	5мФ
$U_{\text{вых}}, \text{В}$					
$t$ и $\text{вых}, \text{мс}$					
$T_{\text{вых}}, \text{мс}$					

В) При какой ёмкости конденсатора форма импульсов симметрична?



Г) Установить исходный номинал. Заполнить таблицу 2.

Таблица 2.

R1, кОм							
R2, кОм							
t и вых, мкс							

Д) При каком соотношении R1, R2 форма импульсов несимметрична?

## Практическая работа 10. Исследование работы счётчиков.

### 1. Исследование суммирующего счётчика.

Открыть файл s14\_06. С помощью ключа С подавать на вход тактовые импульсы.

- Составить временные диаграммы.



- Записать последовательность счёта.
- Определить модуль счёта.
- Определить тип счётчика (суммирующий, вычитающий).
- На каком типе триггеров построен счётчик?
- Синхронный или асинхронный триггер?
- Синхронизируемый по уровню или по фронту?
- По какому фронту?

### 2. Исследование вычитающего счётчика.

Открыть файл s14\_07. Открыть логический анализатор. Clock – Set - Internal clock rate – установить 1 Гц – Ассерт. Пуск.

- Составить временные диаграммы.
- Записать последовательность счёта.
- Определить модуль счёта.
- Определить тип счётчика (суммирующий, вычитающий).
- На каком типе триггеров построен счётчик?
- Синхронный или асинхронный триггер?
- Синхронизируемый по уровню или по фронту?
- По какому фронту?

### 3. Исследование счётчика с изменённым коэффициентом пересчёта.

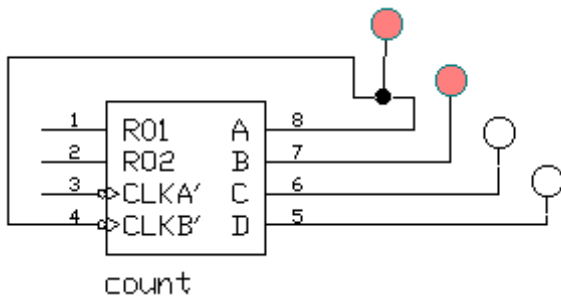
Открыть файл s14\_08. С помощью ключа С подавать на вход тактовые импульсы.

- Составить временные диаграммы.
- Записать последовательность счёта.
- Определить модуль счёта.
- Определить тип счётчика (суммирующий, вычитающий).
- На каком типе триггеров построен счётчик?
- Синхронный или асинхронный триггер?
- Синхронизируемый по уровню или по фронту?
- По какому фронту?

### 4. Исследование работы микросхем счётчиков.

Собрать схему. Панель Digital – Counters (123....) – Generic 4-bit Binary Counter.

На вход 3 подать сигнал от генератора импульсов с частотой 1 Гц. Составить временные диаграммы. Определить модуль счёта. Записать последовательность счёта. Определить тип счётчика (суммирующий, вычитающий).



Убрать переключку 4-8. На вход 4 подать сигнал от генератора импульсов с частотой 1 Гц. Составить временные диаграммы. Определить модуль счёта. Записать последовательность счёта. Определить тип счётчика (суммирующий, вычитающий).

### Контрольные вопросы.

1. На триггерах, синхронизируемых по фронту 0/1, построить четырёхразрядный суммирующий счётчик. Составить временные диаграммы. Составить условное обозначение.
2. На триггерах, синхронизируемых по фронту 0/1, построить четырёхразрядный вычитающий счётчик. Составить временные диаграммы. Составить условное обозначение.
3. Сколько триггеров должен иметь счётчик с модулем счёта 3? 7? 12? 14? 24? 30? 60?
4. Какую разрядность должен иметь счётчик, отсчитывающий секунды и десятки секунд при наличии генератора импульсов частотой 10 кГц?
5. Цифровые часы в метро реализованы на основе счётчиков. Иногда чётное число секунд на табло часов сохраняется заметно дольше, чем нечётное (или наоборот). Почему это происходит?

## Практическая работа 11. Исследование работы счётчиков.

**1. Исследование регистра Джонсона.** Открыть файл c14\_09. С помощью ключа С подавать на вход тактовые импульсы.

- Составить временные диаграммы.
- Записать последовательность счёта.
- Определить модуль счёта.
- Определить тип счётчика (суммирующий, вычитающий).
- На каком типе триггеров построен счётчик?
- Синхронный или асинхронный триггер?
- Синхронизируемый по уровню или по фронту?
- По какому фронту?

**2. Исследование регистра Джонсона, реализованного на JK- триггерах.** Открыть файл c14\_10. С помощью ключа С подавать на вход тактовые импульсы.

- Составить временные диаграммы.
- Записать последовательность счёта.
- Определить модуль счёта.
- Определить тип счётчика (суммирующий, вычитающий).
- На каком типе триггеров построен счётчик?
- Синхронный или асинхронный триггер?
- Синхронизируемый по уровню или по фронту?
- По какому фронту?

**3. Разработать, зарисовать, собрать и проверить работу схемы суммирующего счётчика с заданным коэффициентом счёта.** За основу взять файл c14\_08. Схему зарисовать. Файл не сохранять!

Вариант 1. 0,1,2,3,4,5,6

Вариант 2. 0,1,2,3,4,5

Вариант 3. 0,1,2,3

Вариант 4. 0,1,2

## Практическая работа 12. АЦП и ЦАП.

### 1. Исследование работы трёхразрядного ЦАП с двоично-взвешенными резисторами.

a) Собрать схему 1.

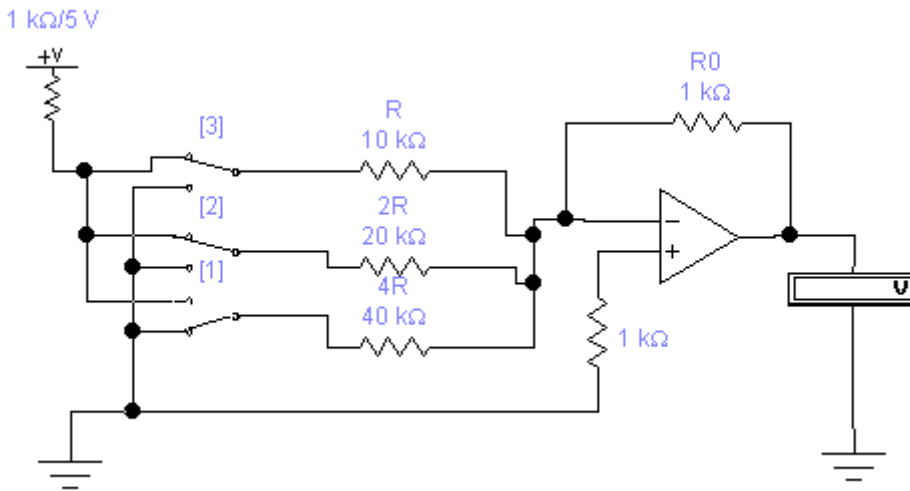


Схема 1.

$$U_{\text{ВЫХ}} = [(2U \cdot R_0) / (2^n \cdot R)] \cdot N, \text{ В} \quad (1),$$

где  $U$  - напряжение питания,  $n$ - количество разрядов ЦАП,  $N$ - подаваемое число в десятичном коде.

b) В соответствии с формулой (1) и показаниями вольтметра заполните таблицу 1.

Таблица 1.

Код на входе	000	001	010	011	100	101	110	111
U <sub>ВЫХ</sub> , В								
Показания вольтметра ПВ, В								
Погрешность преобразования, U <sub>ВЫХ</sub> - ПВ, В								

- c) Сделать вывод о точности преобразования.
- d) Пояснить отрицательные показания вольтметра.
- e) Определить разрешающую способность ЦАП по формуле (2):

$$\delta = U_{\text{макс}} / (2^n - 1), \text{ В} \quad (2),$$

где  $U_{\text{макс}}$ - максимальное выходное напряжение для схемы 1.

### 2. Исследование работы четырёхразрядного ЦАП с двоично-взвешенными резисторами.

Аналогично схеме 1 собрать схему четырёхразрядного ЦАП. Убедиться в работоспособности схемы, проверив соответствии показаний вольтметра и  $U_{\text{ВЫХ}}$  для любого входного кода. *Записать результат.*

Определить разрешающую способность ЦАП по формуле (2):

$$\delta = U_{\text{макс}} / (2^n - 1), \text{ В} \quad (2),$$

где  $U_{\text{макс}}$ - максимальное выходное напряжение для схемы.

### 3. Исследование работы микросхемы ЦАП.

a) Собрать схему 2.

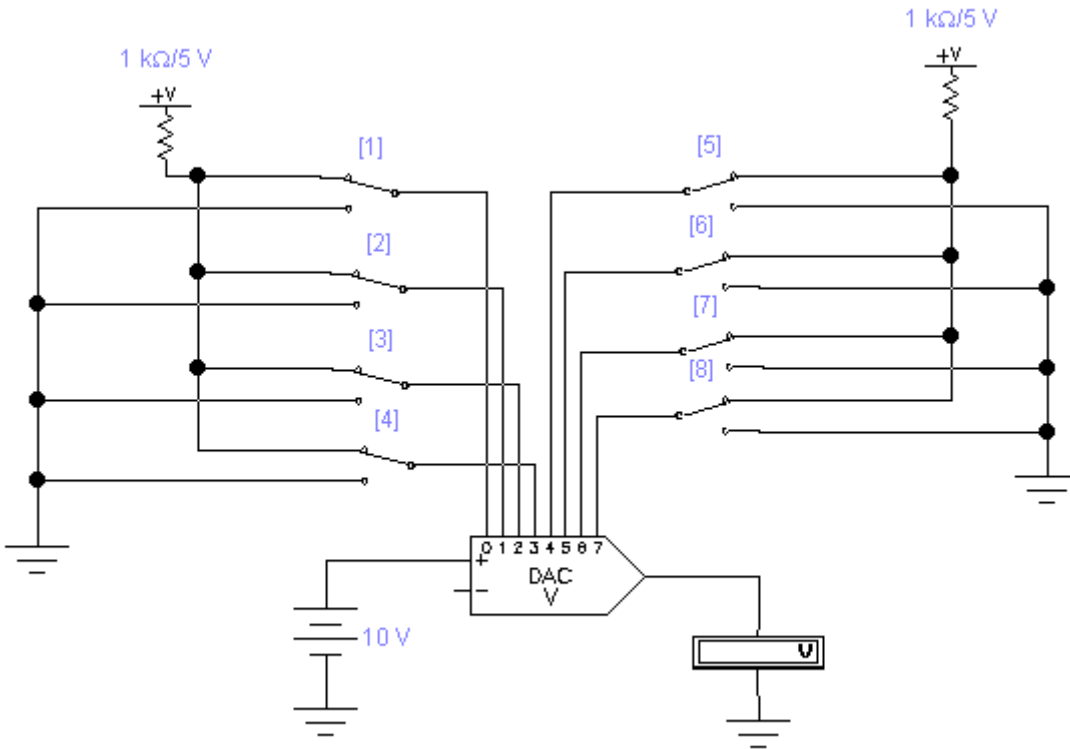


Схема 2.

$$U_{\text{вых}} = (N_{\text{вх}}/256) * U_{\text{оп}}, \text{ В} \quad (3),$$

где  $N_{\text{вх}}$ - подаваемое число в десятичном коде,  $U_{\text{оп}}$ - опорное напряжение, подаваемое на инвертирующий либо неинвертирующий вход.

b) Заполнить таблицу 2.

Таблица 2.

Код на входе	0000	0010	0100	0110	1000	1010	1001	1110
$U_{\text{вых}}, \text{ В}$								
Показания вольтметра ПВ, В								
Погрешность преобразования, $U_{\text{вых}} - \text{ПВ}, \text{ В}$								

c) Сделать вывод о точности преобразования.

f) Определить разрешающую способность ЦАП по формуле (2):

$$\delta = U_{\text{макс}} / (2^n - 1), \text{ В} \quad (2),$$

d) где  $U_{\text{макс}}$ - максимальное выходное напряжение для схемы 2.

4. Исследование работы АЦП последовательного счёта.

5.

Собрать схему 3.

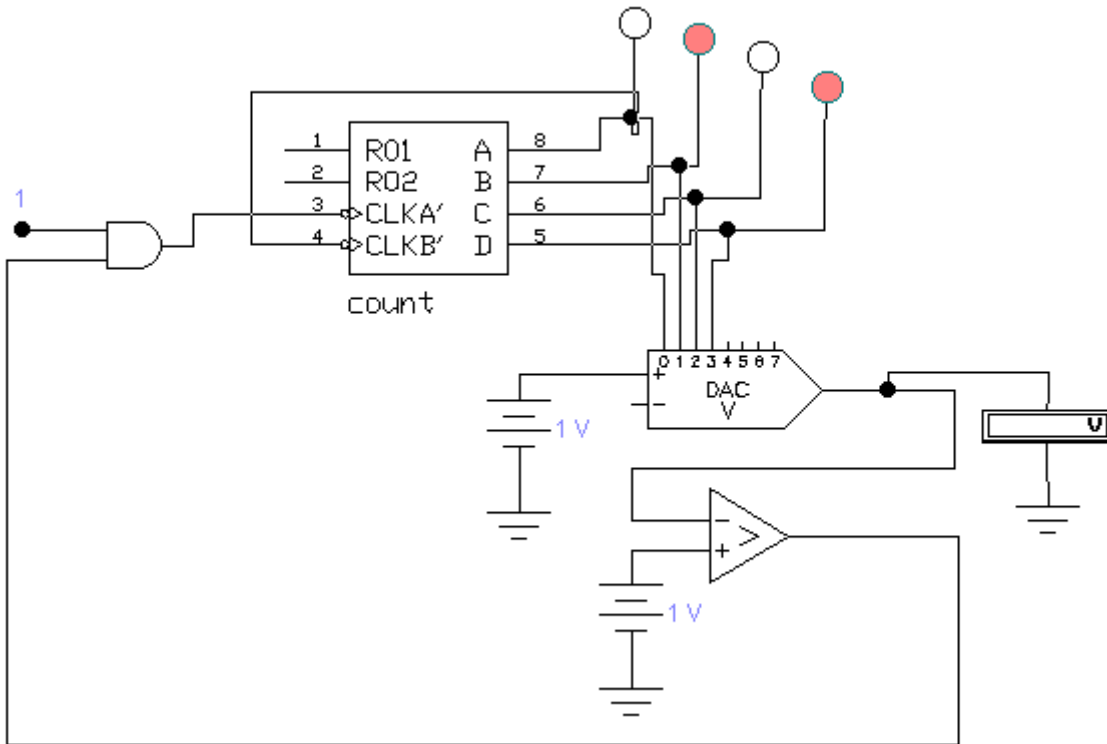


Схема 3.

К точке 1 подать сигнал от функционального генератора с частотой 1 Гц. Зарисовать схему, пояснить назначение устройств. Обозначить вход схемы, на который подаётся аналоговое напряжение. Заполнить таблицу 3.

Таблица 3.

Код на выходе																				
Показания вольтметра																				

## Практическая работа 13. Исследование работы микросхем различных серий.

### Задание 1.

#### *Исследование ИМС 74138.*

Открыть файл c13\_04, включить схему. Установить генератор слов в пошаговый режим. Подать сигналы:  $G1=1$ ,  $G2A=G2B=0$ . Подать на входы А, В, С слова от генератора. Заполнить таблицу функционирования дешифратора.

### Задание 2.

#### *Исследование ИМС 74138 с помощью логического анализатора.*

Открыть файл c13\_05, включить схему. Установить генератор слов в пошаговый режим. Подать сигналы:  $G1=1$ ,  $G2A=G2B=0$ . Подать на входы А, В, С слова от генератора. Зарисовать временные диаграммы.

### Задание 3.

#### *Реализация заданной функции с помощью мультиплексора.*

Открыть файл c13\_09, включить схему. Установить генератор слов в пошаговый режим. Подать на входы А, В, С слова от генератора. Составить таблицу функционирования, записать аналитическое выражение.

### Задание 4.

#### *Исследование микросхемы 74153.*

- 1) Открыть файл c13\_11, включить схему. Установить  $G1= G2= 0$ . Установить генератор слов в пошаговый режим. Подать на входы А, В слова от генератора. Для каждого шага определить входы, сигналы с которых проходят на выходы. Составить таблицу функционирования схемы.
- 2) Подать на  $G1=1$ . Определить, какой из выходов перестал реагировать на изменение состояния входов.
- 3) Подать на  $G2=1$ . Определить, какой из выходов перестал реагировать на изменение состояния входов.



## Практическая работа 14. Моделирование работы элементов памяти.

1. Собрать схему ПЗУМ, состоящего из 8 слов по 8 бит каждое. Слова произвольные. Подать питание и все необходимые сигналы. Подключить приборы индикации. Проверить работоспособность.

*Записать в отчёт:*

- Зарисовать схему
- Определить ёмкость памяти
- Зарисовать входные сигналы
- Зарисовать выходные сигналы
- Составить условное обозначение устройства

2. Собрать схему ППЗУ, состоящего из 8 слов по 8 бит каждое. Слова произвольные. Подать питание и все необходимые сигналы. Подключить приборы индикации. Проверить работоспособность.

*Записать в отчёт:*

- Зарисовать схему
- Определить ёмкость памяти
- Зарисовать входные сигналы
- Зарисовать выходные сигналы
- Составить условное обозначение устройства

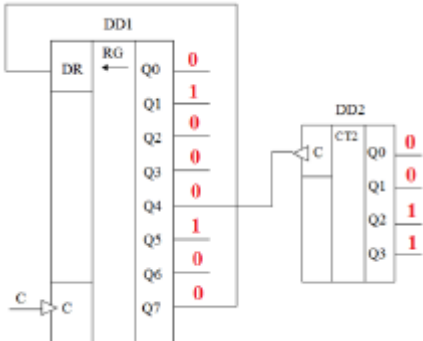
3. Собрать схему РПЗУ, состоящего из 8 слов по 8 бит каждое. Слова произвольные. Подать питание и все необходимые сигналы. Подключить приборы индикации. Проверить работоспособность.

*Записать в отчёт:*

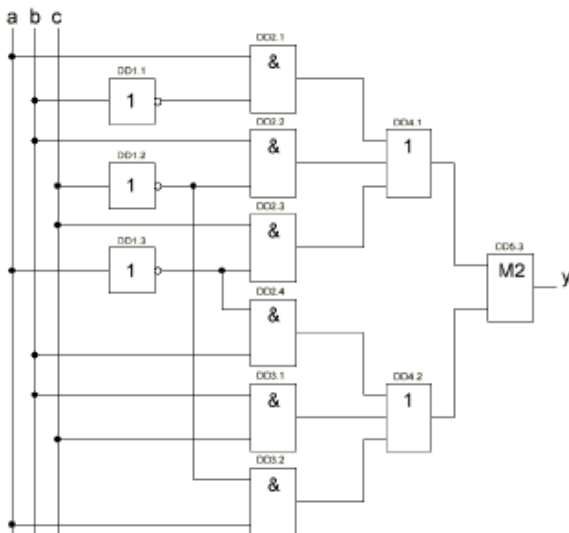
- Зарисовать схему
- Определить ёмкость памяти
- Зарисовать входные сигналы
- Зарисовать выходные сигналы
- Составить условное обозначение устройства

## Практическая работа 15. Решение задач.

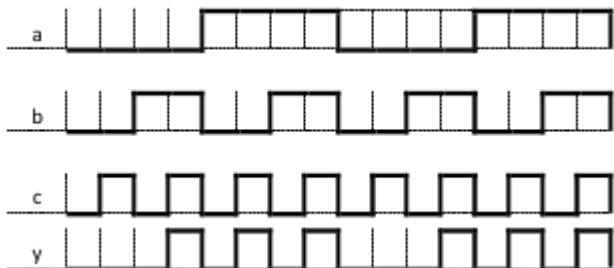
1. Выходы ИМС находятся в некотором исходном состоянии, которое указано на рисунке. Проанализируйте работу схемы. Определите, какое десятичное число, соответствующее двоичному коду, будет на выходах ИМС DD2, если на вход С ИМС DD1 подать серию из восьми синхроимпульсов.



2. Логическая схема выполняет логическую функцию, представленную в виде уравнения  $y = a\bar{b} \vee b\bar{c} \vee \bar{a}c \oplus a\bar{b} \vee bc \vee a\bar{c}$ .

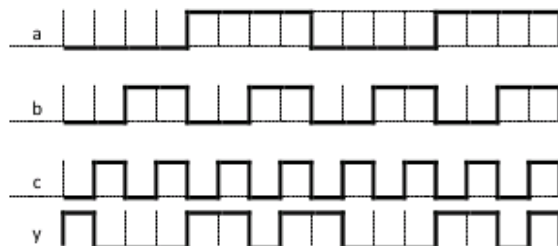
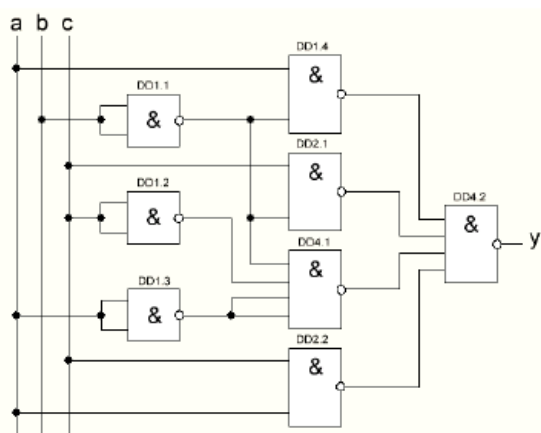


Один из логических элементов схемы вышел из строя и на его выходе установился уровень логического «0». Временная диаграмма сигнала на выходе (y) логической схемы, после выхода из строя логического элемента, имеет следующий вид:



Определите, какой логический элемент вышел из строя.

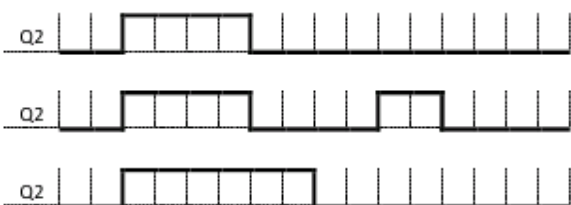
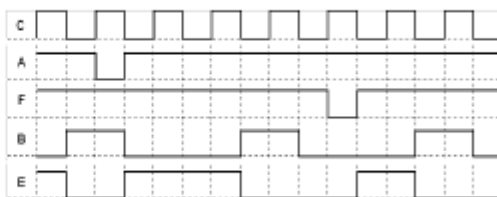
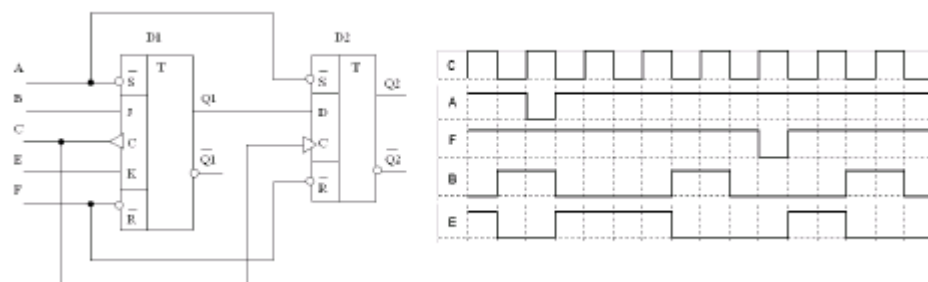
3. Логическая схема выполняет логическую функцию, представленную в виде уравнения  $y = \overline{ab} \cdot \overline{bc} \cdot \overline{ac} \cdot \overline{abc}$ .



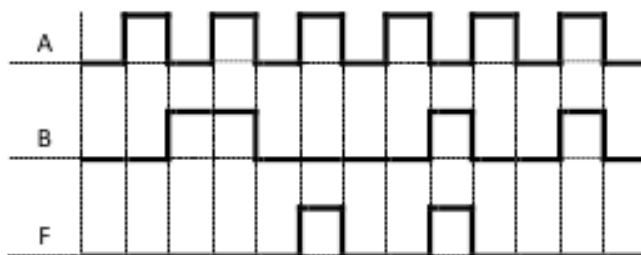
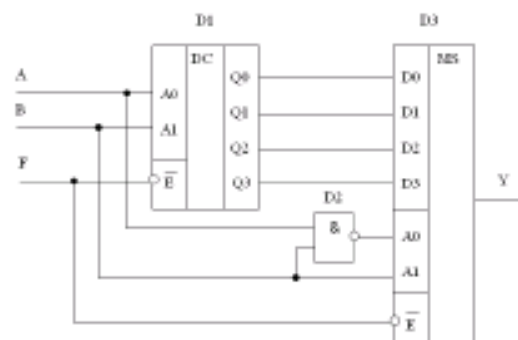
Один из логических элементов схемы вышел из строя и на его выходе установился уровень логической «1». Временная диаграмма сигнала на выходе (y) логической схемы, после выхода из строя логического элемента, имеет следующий вид:

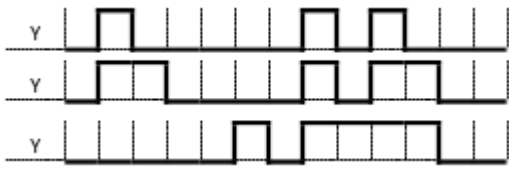
Определите, какой логический элемент вышел из строя.

4. Выходы Q1 и Q2 находятся в исходном состоянии Q1=Q2=0. Проанализируйте работу схемы. Определите, какой сигнал будет на выходе Q2 схемы, если на входы подать сигналы A, B, C, E, F.



5. Проанализируйте работу схемы. Определите, какой сигнал будет на выходе Y схемы, если на входы подать сигналы A, B, F.

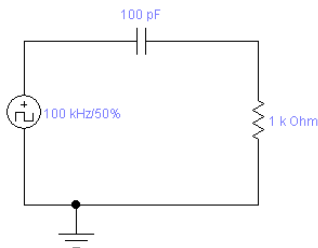




## Практическая работа 16. Дифференцирующие RC - цепи. Исследование работы.

### I. Исследование дифференцирующей RC – цепи.

1. Собрать схему:



Установить амплитуду источника сигнала 10 В.  
Подключить осциллограф ко входу и выходу схемы.  
Включить схему и убедиться в работоспособности.

2. Зарисовать осциллограммы.
3. Для входной осциллограммы записать амплитуду, период и частоту.
4. Рассчитать длительность входного импульса  $t_{и}$ .
5. Измерить длительность переднего фронта импульса  $t_{фр}$ .
6. Для выходной осциллограммы записать амплитуду, период и частоту.
7. Определить длительность выходных импульсов.
8. Рассчитать постоянную времени  $\tau = RC$ .
9. Установить соотношение между  $t_{и}$ ,  $t_{фр}$ ,  $\tau$  (указать, что больше, что меньше).
10. Вывод:

Являются ли полученные импульсы остроконечными? кратковременными? возможно ли их применение для запуска устройств? идеальна ли форма импульсов? какие параметры нуждаются в улучшении?

### II. Исследование влияния частоты импульсной последовательности на работу дифференцирующей цепи.

Установить исходные параметры.

1. Заполнить таблицу:

$f_{и}$	Гц				кГц							МГц						
	1	10	100	500	1	10	50	100	200	500	700	1000	10	20	50	70	100	
$t_{и\text{ вых}}, \text{ с}$																		
$\tau, \text{ с}$																		
$U_{\text{вых}}, \text{ В}$																		

2. В одной системе координат зарисовать осциллограммы выходного напряжения, взяв за образцовую частоту в 100 кГц.
3. По таблице построить график зависимости  $t_{и\text{ вых}}$  от  $f_{и}$ .
4. По таблице построить график зависимости  $U_{\text{вых}}$  от  $f_{и}$ .
5. Вывод:
  - на каких частотах форма выходных импульсов улучшается? по каким параметрам?
  - начиная с каких частот выходные импульсы становятся недопустимо длинными (т. е.  $\tau \approx t_{и}$ )?
  - на каких частотах амплитуда выходных импульсов становится недопустимо малой (т. е. становится меньше амплитуды входного сигнала более чем в два раза)?

### III. Исследование влияния ёмкости конденсатора на работу дифференцирующей цепи.

Установить исходные параметры.

1. Заполнить таблицу:

C	пФ							нФ				мкФ				мФ			
	1	25	50	100	250	500	750	1	10	100	500	1	10	100	500	1	10	100	500
$t_{и\text{ вых}},$ с																			
$\tau,$ с																			
$U_{\text{вых}},$ В																			

2. В одной системе координат зарисовать осциллограммы выходного напряжения, взяв за образцовую ёмкость в 100 пФ.

3. По таблице построить график зависимости  $t_{и\text{ вых}}$  от C.

4. По таблице построить график зависимости  $U_{\text{вых}}$  от C.

5. Вывод:

- на каких ёмкостях форма выходных импульсов улучшается? по каким параметрам?
- начиная с каких ёмкостей выходные импульсы становятся недопустимо длинными (т. е.  $\tau \approx t_{и}$ )?
- на каких ёмкостях амплитуда выходных импульсов становится недопустимо малой (т. е. становится меньше амплитуды входного сигнала более чем в два раза)?

### IV. Исследование влияния сопротивления резистора на работу дифференцирующей цепи.

Установить исходные параметры.

1. Заполнить таблицу:

R	Ом							кОм				МОм			
	1	25	50	100	250	500	750	1	10	100	500	1	10	100	500
$t_{и\text{ вых}},$ с															
$\tau,$ с															
$U_{\text{вых}},$ В															

2. В одной системе координат зарисовать осциллограммы выходного напряжения, взяв за образцовое сопротивление в 1 кОм.

3. По таблице построить график зависимости  $t_{и\text{ вых}}$  от R.

4. По таблице построить график зависимости  $U_{\text{вых}}$  от R.

5. Вывод:

- на каких сопротивлениях форма выходных импульсов улучшается? по каким параметрам?
- начиная с каких сопротивлений выходные импульсы становятся недопустимо длинными (т. е.  $\tau \approx t_{и}$ )?
- на каких сопротивлениях амплитуда выходных импульсов становится недопустимо малой (т. е. становится меньше амплитуды входного сигнала более чем в два раза)?

#### Общий вывод:

каково влияние  $f$ , C и R на работу дифференцирующей RC - цепи?

**Практическая работа 17. Дифференцирующие RC - цепи.  
Исследование реакции цепи на напряжение различной формы.**

***I. Исследование влияния постоянного напряжения на работу дифференцирующей цепи.***

1. Собрать дифференцирующую цепь с параметрами  $C = 100$  пФ,  $R = 1$  кОм. В качестве источника сигнала установить батарею с напряжением 10 В. На вход и выход схемы подключить осциллограф. Включить схему и убедиться в работоспособности.
2. В одной системе координат зарисовать графики входного и выходного напряжения С МОМЕНТА ВРЕМЕНИ  $t = 0$  с учётом масштаба по осям времени и напряжения.
3. Объяснить характер выходного напряжения (пояснить полученную форму и амплитуду).

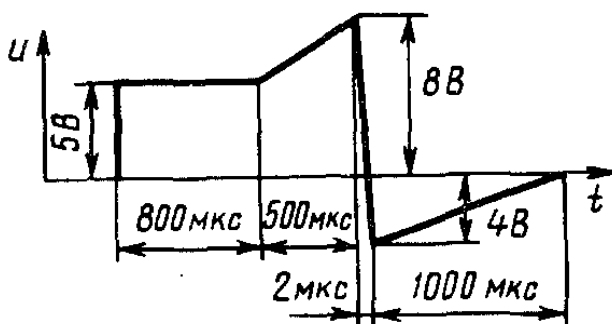
***II. Исследование влияния формы синусоидального напряжения на работу дифференцирующей цепи.***

1. Собрать дифференцирующую цепь с параметрами  $C = 100$  пФ,  $R = 1$  кОм. В качестве источника сигнала установить функциональный генератор с частотой сигнала 100 кГц и амплитудой 10 В. На вход и выход схемы подключить осциллограф. Форму сигнала на генераторе установить синусоидальной. Включить схему и убедиться в работоспособности.
2. В одной системе координат зарисовать графики входного и выходного напряжения С МОМЕНТА ВРЕМЕНИ  $t = 0$  с учётом масштаба по осям времени и напряжения.
3. Объяснить характер выходного напряжения (пояснить полученную форму и амплитуду).
4. Какова может быть область применения такого преобразования сигнала?

***III. Исследование влияния формы треугольного напряжения на работу дифференцирующей цепи.***

1. Собрать дифференцирующую цепь с параметрами  $C = 100$  пФ,  $R = 1$  кОм. В качестве источника сигнала установить функциональный генератор с частотой сигнала 100 кГц и амплитудой 10 В. На вход и выход схемы подключить осциллограф. Форму сигнала на генераторе установить треугольной. Включить схему и убедиться в работоспособности.
2. В одной системе координат зарисовать графики входного и выходного напряжения С МОМЕНТА ВРЕМЕНИ  $t = 0$  с учётом масштаба по осям времени и напряжения.
3. Объяснить характер выходного напряжения (пояснить полученную форму и амплитуду).
4. Какова может быть область применения такого преобразования сигнала?

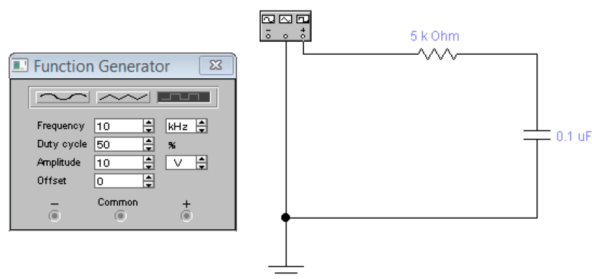
***IV. Осуществить графическое дифференцирование*** (т. е. нарисовать самостоятельно, основываясь на результатах экспериментов, осциллограммы для  $U_C$  и  $U_R$ ) напряжения при тех же  $R$  и  $C$ .



## Практическая работа 18. Интегрирующие RC - цепи. Исследование работы.

### I. Исследование интегрирующей RC – цепи.

1. Собрать схему:



Подключить осциллограф ко входу и выходу схемы. Включить схему и убедиться в работоспособности.

2. Зарисовать осциллограммы с начала координат.
3. Для входной осциллограммы записать амплитуду, период и частоту.
4. Рассчитать длительность входного импульса  $t_{и}$ .
5. Измерить длительность переднего фронта импульса  $t_{фр}$ .
6. Для выходной осциллограммы записать амплитуду, период и частоту.
7. Определить длительность выходных импульсов.
8. Рассчитать постоянную времени  $\tau = RC$ .
9. Установить соотношение между  $t_{и}$ ,  $t_{фр}$ ,  $\tau$  (указать, что больше, что меньше).
10. Вывод:  
Объяснить характер выходного напряжения (пояснить полученную форму и амплитуду).

### II. Исследование влияния частоты импульсной последовательности на работу интегрирующей цепи.

Установить исходные параметры.

1. Заполнить таблицу:

$f_{и}$	Гц				кГц							МГц						
	1	10	100	500	1	10	50	100	200	500	700	1000	10	20	50	70	100	
$t_{и\text{ вых}}, \text{ с}$																		
$\tau, \text{ с}$																		
$U_{\text{вых}}, \text{ В}$																		

2. В одной системе координат зарисовать осциллограммы выходного напряжения, взяв за образцовую частоту в 10 кГц.
3. По таблице построить график зависимости  $t_{и\text{ вых}}$  от  $f_{и}$ .
4. По таблице построить график зависимости  $U_{\text{вых}}$  от  $f_{и}$ .
5. Вывод:
  - на каких частотах цепь перестаёт быть интегрирующей?
  - на каких частотах интегрирование имеет наименьшую погрешность (т. е. форма выходного напряжения наилучшая)?



### III. Исследование влияния ёмкости конденсатора на работу интегрирующей цепи.

Установить исходные параметры.

1. Заполнить таблицу:

C	пФ							нФ				мкФ				мФ			
	1	25	50	100	250	500	750	1	10	100	500	1	10	100	500	1	10	100	500
$t_{и\text{ вых}},$ с																			
$\tau,$ с																			
$U_{\text{вых}},$ В																			

2. В одной системе координат зарисовать осциллограммы выходного напряжения, взяв за образцовую ёмкость в 0,1 мкФ.

3. По таблице построить график зависимости  $t_{и\text{ вых}}$  от C.

4. По таблице построить график зависимости  $U_{\text{вых}}$  от C.

5. Вывод:

- на каких емкостях цепь перестаёт быть интегрирующей?
- на каких емкостях интегрирование имеет наименьшую погрешность (т. е. форма выходного напряжения наилучшая)?

### IV. Исследование влияния сопротивления резистора на работу интегрирующей цепи.

Установить исходные параметры.

1. Заполнить таблицу:

R	Ом							кОм				МОм			
	1	25	50	100	250	500	750	5	10	100	500	1	10	100	500
$t_{и\text{ вых}},$ с															
$\tau,$ с															
$U_{\text{вых}},$ В															

2. В одной системе координат зарисовать осциллограммы выходного напряжения, взяв за образцовое сопротивление в 5 кОм.

3. По таблице построить график зависимости  $t_{и\text{ вых}}$  от R.

4. По таблице построить график зависимости  $U_{\text{вых}}$  от R.

5. Вывод:

- на каких сопротивлениях цепь перестаёт быть интегрирующей?
- на каких сопротивлениях интегрирование имеет наименьшую погрешность (т. е. форма выходного напряжения наилучшая)?

#### Общий вывод:

каково влияние  $f$ , C и R на работу интегрирующей RC - цепи?

## **Практическая работа 19. Интегрирующие RC - цепи. Исследование реакции цепи на напряжение различной формы.**

### ***I. Исследование влияния постоянного напряжения на работу интегрирующей цепи.***

1. Собрать интегрирующую цепь с параметрами  $C = 0,1$  мкФ,  $R = 5$  кОм. В качестве источника сигнала установить батарею с напряжением 10 В. На вход и выход схемы подключить осциллограф. Включить схему и убедиться в работоспособности.
2. В одной системе координат зарисовать графики входного и выходного напряжения С МОМЕНТА ВРЕМЕНИ  $t = 0$  с учётом масштаба по осям времени и напряжения.
3. Объяснить характер выходного напряжения (пояснить полученную форму и амплитуду).
4. Содержит ли выходное напряжение постоянную составляющую? Чему она равна?

### ***II. Исследование влияния формы синусоидального напряжения на работу интегрирующей цепи.***

1. Собрать интегрирующую цепь с параметрами  $C = 0,1$  мкФ,  $R = 5$  кОм. В качестве источника сигнала установить функциональный генератор с частотой сигнала 10 кГц и амплитудой 10 В. На вход и выход схемы подключить осциллограф. Форму сигнала на генераторе установить синусоидальной. Включить схему и убедиться в работоспособности.
2. В одной системе координат зарисовать графики входного и выходного напряжения С МОМЕНТА ВРЕМЕНИ  $t = 0$  с учётом масштаба по осям времени и напряжения.
3. Объяснить характер выходного напряжения (пояснить полученную форму и амплитуду).
4. Какова может быть область применения такого преобразования сигнала?
5. Содержит ли выходное напряжение постоянную составляющую? Чему она равна?

### ***III. Исследование влияния формы треугольного напряжения на работу интегрирующей цепи.***

1. Собрать интегрирующую цепь с параметрами  $C = 0,1$  мкФ,  $R = 5$  кОм. В качестве источника сигнала установить функциональный генератор с частотой сигнала 10 кГц и амплитудой 10 В. На вход и выход схемы подключить осциллограф. Форму сигнала на генераторе установить треугольной. Включить схему и убедиться в работоспособности.
2. В одной системе координат зарисовать графики входного и выходного напряжения С МОМЕНТА ВРЕМЕНИ  $t = 0$  с учётом масштаба по осям времени и напряжения.
3. Объяснить характер выходного напряжения (пояснить полученную форму и амплитуду).
4. Какова может быть область применения такого преобразования сигнала?
5. Содержит ли выходное напряжение постоянную составляющую? Чему она равна?

### ***IV. Использование интегрирующей цепи для выделения постоянной составляющей.***

1. Установить исходные параметры для второго опыта.
2. Получить на выходе напряжение, содержащее постоянную составляющую на уровне около 10 В, включив диод в нужное место в нужном направлении.
3. Зарисовать выходную осциллограмму. Объяснить характер выходного напряжения (пояснить полученную форму и амплитуду).
4. Получить на выходе напряжение, содержащее постоянную составляющую на уровне около -10 В, включив диод в нужное место в нужном направлении.
5. Зарисовать выходную осциллограмму. Объяснить характер выходного напряжения (пояснить полученную форму и амплитуду).

### ***V. Использование интегрирующей цепи в качестве ФНЧ.***

1. Установить исходные параметры для второго опыта.
2. Подключить параллельно конденсатору резистор с сопротивлением, эквивалентным сопротивлению динамиков (8 Ом). Зарисовать выходную осциллограмму. Записать её амплитуду.
3. Рассчитать  $X_c$  для исследуемой схемы. Установить соотношение между  $X_c$  и  $R$  (что больше, что меньше).

4. По выходной осциллограмме и предыдущему расчёту определить, является ли данная схема ФНЧ. Почему?
5. Изменить параметры схемы так, чтобы на данной частоте она стала ФНЧ. Убедиться в этом с помощью полученной осциллограммы. Если результат верен, зарисовать осциллограмму и записать её параметры и новые параметры схемы. На какой частоте происходит срез?

## Практическая работа 20. Диодные ограничители.

### 1. Измерение уровня ограничения последовательного ограничителя.

Открыть файл с9\_061. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения. Записать максимум входного напряжения, уровень ограничения напряжения.

### 2. Измерение уровня ограничения напряжения в последовательном ограничителе со смещением.

- Открыть файл с9\_062. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения. Записать минимумы входного и выходного напряжения, уровень ограничения напряжения.
- Изменить полярность источника питания 5 В. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения. Записать минимумы входного и выходного напряжения, уровень ограничения напряжения.

### 3. Измерение уровня ограничения напряжения в шунтирующем ограничителе.

Открыть файл с9\_063. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения. Записать максимум входного напряжения, минимум выходного и уровень ограничения напряжения.

### 4. Измерение уровня ограничения напряжения в шунтирующем ограничителе со смещением.

- Открыть файл с9\_064. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения. Записать минимумы входного напряжения и выходного и уровень ограничения напряжения.
- Изменить полярность включения источника питания 5 В. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения. Записать минимумы входного напряжения и выходного и уровень ограничения напряжения.

### 5. Измерение уровня ограничения напряжения в шунтирующем ограничителе на стабилизаторе.

Открыть файл с9\_065. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения. Записать максимум входного напряжения, положительный и отрицательный уровни ограничения напряжения.

### 6. Измерение уровня ограничения напряжения в симметричном шунтирующем ограничителе на стабилизаторах.

Открыть файл с9\_066. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения. Записать максимум входного напряжения, положительный и отрицательный уровни ограничения напряжения.

**Вывод: ответить на вопросы.**

1. Что определяет уровень ограничения напряжения в ограничителе со смещением?
2. Почему в последовательном ограничителе различаются минимумы входного и выходного напряжений?
3. Чем определяется уровень ограничения напряжения в шунтирующем ограничителе со смещением?
4. Чем определяются положительный и отрицательный уровни ограничения напряжения в шунтирующем ограничителе на стабилитроне?

## Практическая работа 21. Диодные формирователи.

### 1. Измерение постоянной составляющей выходного напряжения положительного формирователя.

Открыть файл с9\_071. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения. Измерить амплитуды входного и выходного напряжения. По осциллографу измерить среднее значение (постоянную составляющую) выходного напряжения. Записать показания мультиметра.

### 2. Измерение постоянной составляющей выходного напряжения положительного формирователя при увеличении входного напряжения.

На генераторе выставить 8 В. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения. Измерить амплитуды входного и выходного напряжения. По осциллографу измерить среднее значение (постоянную составляющую) выходного напряжения. Записать показания мультиметра. Изменения в файле не сохранять!

### 3. Измерение постоянной составляющей выходного напряжения положительного формирователя при уменьшении входного напряжения.

На генераторе выставить 2 В. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения. Измерить амплитуды входного и выходного напряжения. По осциллографу измерить среднее значение (постоянную составляющую) выходного напряжения. Записать показания мультиметра. Изменения в файле не сохранять!

### 4. Измерение постоянной составляющей выходного напряжения отрицательного формирователя.

Открыть файл с9\_072. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжения. Измерить амплитуды входного и выходного напряжения. По осциллографу измерить среднее значение (постоянную составляющую) выходного напряжения. Записать показания мультиметра.

### Ответить на вопросы:

1. Чем отличаются осциллограммы входного и выходного напряжения в положительном формирователе?
2. Чем определяется среднее значение выходного напряжения положительного формирователя?
3. Одинаковы ли измеренные и рассчитанные величины среднего значения выходного напряжения?
4. Как изменится среднее значение выходного напряжения при увеличении амплитуды входного напряжения?
5. Как изменится среднее значение выходного напряжения при уменьшении амплитуды входного напряжения?
6. Сравнить выходные напряжения положительного и отрицательного формирователей.
7. Сравнить средние значения выходного напряжения положительного и отрицательного формирователей.

## Практическая работа 22. Задание рабочей точки в транзисторном каскаде.

### 1. Исследование параметров рабочей точки при задании тока базы с помощью одного резистора.

а) Открыть файл c10\_005. Измерить и записать  $I_b$ ,  $I_k$ ,  $U_{б-э}$ ,  $U_{к-э}$ .

б) Вычислить  $I_b$ ,  $I_k$ ,  $U_{к-э}$  и сравнить результаты с измеренными:

$$I_b = (E_k - U_{бэ0}) / R_b, \text{ где } U_{бэ0} - \text{пороговое напряжение перехода б-э, } U_{бэ0} \approx 0,7 \text{ В;}$$

$$I_k = \beta_{DC} * I_b, \text{ где } \beta_{DC} - \text{статический коэффициент передачи тока, } \beta_{DC} = I_k / I_b, \text{ определить расчётным}$$

$$U_{к-э} = E_k - I_k * R_k.$$

в) Построить нагрузочную прямую по постоянному току на выходной характеристике исследуемого транзистора. Для этого открыть файл c10\_001. Провести измерения  $I_k$  для каждого значения  $E_k$  и  $E_b$ :

		E <sub>к</sub> , В					
E <sub>б</sub> , В	I <sub>б</sub> , мкА	0,1	0,5	1	5	10	20
1,66							
2,68							
3,68							
4,68							
5,7							

По данным таблицы построить график  $I_k = f(E_k)$ .

Используя значения токов и напряжений из п. а), определить рабочую точку Q на нагрузочной линии и отметить её положение на графике.

г) Вернуться к файлу c10\_005. Перевести транзистор в режим насыщения. Для этого подставить в схему  $R_b$  чуть меньше рассчитанного:

$$R_b = E_k / I_{bn}, I_{bn} = I_{kn} / \beta_{DC}, I_{kn} = E_k / R_k.$$

Измерить и записать  $I_b$ ,  $I_k$ ,  $U_{к-э}$ , новое  $R_b$ .

д) Уменьшить  $R_b$  на более существенную величину. Если транзистор находится в режиме насыщения, то изменение тока коллектора очень мало даже при очень большом изменении тока базы. Убедиться в этом. Измерить и записать  $I_b$ ,  $I_k$ ,  $U_{к-э}$ , новое  $R_b$ .

### 2. Исследование параметров рабочей точки при задании тока базы с помощью делителя напряжения (n-p-n – транзистор).

а) Открыть файл c10\_006. Измерить и записать  $I_b$ ,  $I_k$ ,  $I_э$ ,  $U_b$ ,  $U_{к-э}$ . Вычислить  $\beta_{DC}$ .

б) Вычислить  $U_b$ ,  $I_э$ ,  $I_k$ ,  $U_{к-э}$ :

$$U_b = E_k * (R_э / (R_э + R_k)) + U_{бэ0}, U_{бэ0} \approx 0,7 \text{ В;}$$

$$I_э = (U_b - U_{бэ0}) / R_э;$$

$$I_k = E_k / (R_k + R_э);$$

$$U_{кэ} = E_k - I_k * R_k - I_э * R_э.$$

в) На графике  $I_k = f(E_k)$  из п.1 в) используя значения токов и напряжений из п. а), определить рабочую точку Q на нагрузочной линии и отметить её положение на графике.

г) Перевести транзистор в режим насыщения. Для этого подставить в схему  $R_b$  чуть меньше рассчитанного:

$$R_b = E_k / I_{bn}, I_{bn} = I_{kn} / \beta_{DC}, I_{kn} = E_k / R_k.$$

Измерить и записать  $I_b, I_k, U_{k-э}$ , новое  $R_b$ .

### 3. Задание тока базы с помощью делителя напряжения (p-n-p - транзистор).

а) Открыть файл c10\_007. Измерить и записать  $I_b, I_k, I_э, U_b, U_{k-э}$ . Вычислить  $\beta_{DC}$ .

б) Вычислить  $U_b, I_э, I_k, U_{k-э}$  и сравнить результаты с измеренными:

$$U_b = E_k * (R_э / (R_э + R_k)) + U_{бэ0}, U_{бэ0} \approx 0,7 \text{ В};$$

$$I_э = (U_b - U_{бэ0}) / R_э;$$

$$I_k = E_k / (R_k + R_э);$$

$$U_{kэ} = E_k - I_k * R_k - I_э * R_э.$$

### 4. Исследование параметров рабочей точки при задании тока базы с помощью дополнительного источника в цепи эмиттера.

а) Открыть файл c10\_008. Измерить и записать  $I_b, I_k, I_э, U_b, U_{k-э}$ . Вычислить  $\beta_{DC}$ .

б) Вычислить  $U_b, I_э, I_k, U_{k-э}$  :

$$U_b = I_э * R_э - E_э + U_{бэ0} \text{ или}$$

$$U_b = -I_b * R_b,$$

$U_b$  имеет отрицательное значение;

$$I_э = (U_b - U_{бэ0} + E_э) / R_э;$$

$$I_k = (E_k + E_э - I_э * R_э) / R_k;$$

$$I_k \approx I_э;$$

$$U_{kэ} = E_k + E_э - I_k * R_k - I_э * R_э.$$

в) На графике  $I_k = f(E_k)$  из п.1 в) используя значения токов и напряжений из п. а), определить рабочую точку Q на нагрузочной линии и отметить её положение на графике.

### 5. Исследование параметров рабочей точки при задании тока базы с помощью резистора в цепи база – коллектор.

а) Открыть файл c10\_009. Измерить и записать  $I_b, I_k, I_э, U_b, U_{k-э}$ . Вычислить  $\beta_{DC}$ .

б) Вычислить  $I_k, U_{k-э}$  :

$$I_k = (E_k - U_{бэ}) / (R_k + R_b / \beta_{DC});$$

$$U_{kэ} = E_k - I_k * R_k.$$

в) На графике  $I_k = f(E_k)$  из п.1 в) используя значения токов и напряжений из п. а), определить рабочую точку Q на нагрузочной линии и отметить её положение на графике.

#### Вопросы:

1. Как сильно отличаются расчётные и экспериментальные данные?
2. Какое условие необходимо выполнить, чтобы перевести транзистор в режим отсечки?
3. Чему равно напряжение к-э в режиме насыщения?
4. Какая связь между током коллектора и током эмиттера?
5. Какую роль играет сопротивление  $R_э$  в цепи эмиттера для стабильности работы схемы?



### Практическая работа 23. Исследование каскада с общим эмиттером.

1. Открыть файл c10\_010. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений. Записать значения амплитуд входного и выходного напряжений, разности фаз входного и выходного напряжений, вычислить коэффициент усиления.

2. Определить  $I_{\text{Э}}$ . Для этого подключить вольтметр к точке  $U_{\text{е}}$  и рассчитать  $I_{\text{Э}}$ .

3. Вычислить дифференциальное сопротивление эмиттерного перехода:  
 $r_{\text{э}} = 25 \text{ мВ}/I_{\text{Э}}$ .

4. Рассчитать  $K_{\text{ус}}$ :

$$K_{\text{ус}} = r_{\text{к}}/(r_{\text{э}}+R_{\text{э}}),$$

$$\text{где } r_{\text{к}} = (R_{\text{к}}*R_{\text{н}})/(R_{\text{н}}+R_{\text{к}}).$$

Сравнить рассчитанный  $K_{\text{ус}}$  с полученным в п. а).

5. Разомкнуть ключ под резистором  $R_{\text{D}}$  (или убрать перемычку под резистором). Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений. Записать значения амплитуд входного и выходного напряжений, вычислить коэффициент усиления.

6. Переместить щуп канала А осциллографа в узел  $U_{\text{в}}$ . Измерить амплитуду в этой точке. Вычислить  $K_{\text{ус}}$ .

7. Вычислить входное сопротивление транзистора:

$$r_{\text{и}} = \beta * r_{\text{э}},$$

где  $\beta = I_{\text{к}}/I_{\text{б}}$ , определить расчётным путём их схемы файла c10\_001.

8. Вычислить входное сопротивление усилителя по переменному току:

$$1/r_{\text{вх}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/r_{\text{и}}.$$

9. Замкнуть ключ под резистором  $R_{\text{D}}$  (или поставить перемычку под резистором). Переместить щуп канала А осциллографа в узел  $U_{\text{вх}}$ . Установить  $R_{\text{н}} = 200 \text{ кОм}$ . Такое сопротивление можно считать разрывом в цепи нагрузки. Оно соответствует режиму ХХ. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений. Записать значения амплитуд входного и выходного напряжений, вычислить коэффициент усиления.

10. Вычислить выходное сопротивление усилителя:

$$U_{\text{вых}}/U_{\text{ХХ}} = R_{\text{н}}/(R_{\text{н}} + r_{\text{вых}}).$$

11. Переставить щуп канала В осциллографа в узел  $U_{\text{с}}$ . Измерить постоянную составляющую выходного сигнала.

12. Вернуть щуп канала В в узел  $U_{\text{вых}}$ . Убрать конденсатор  $C_3$ . Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений. Записать значения амплитуд входного и выходного напряжений, вычислить коэффициент усиления.

Рассчитать:

$$K_{\text{ус}} = r_{\text{к}}/(r_{\text{э}}+R_{\text{э}}),$$

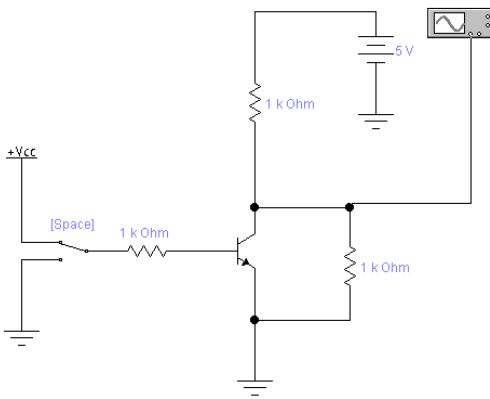
$$\text{где } r_{\text{к}} = (R_{\text{к}}*R_{\text{н}})/(R_{\text{н}}+R_{\text{к}}).$$

Сравнить рассчитанный  $K_{\text{ус}}$  с полученным.

## Практическая работа 24. Транзисторные ключи.

### I. Исследование работы параллельного ключа.

1. Собрать схему.



2. Почему ключ называется параллельным?

3. Включить схему. Зарисовать осциллограммы при положении ключа вверх (как на рисунке) и вниз.

4. Объяснить полученные осциллограммы.

5. Каковы фронты импульсов, полученных при переключении ключа? Чем можно объяснить пологие фронты? Хорошо это или плохо? Почему? Как можно улучшить фронты? Можно ли?

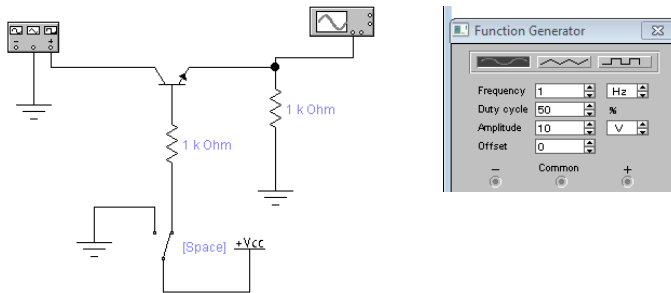
6. Что может выполнять роль ключа в реальных устройствах? Откуда приходит управляющий сигнал?

7. Самостоятельно собрать и проверить работоспособность ключа на транзисторе p-n-p. Зарисовать схему.

8. Привести примеры устройств, в которых используются параллельные ключи.

### II. Исследование работы последовательного ключа.

1. Собрать схему.



2. Почему ключ называется последовательным?

3. Включить схему. Зарисовать осциллограммы при положении ключа вправо (как на рисунке) и влево.

4. Объяснить полученные осциллограммы. Какова область применения ключа, кроме переключающей?

5. Самостоятельно собрать и проверить работоспособность ключа на транзисторе p-n-p. Зарисовать схему.

6. Привести примеры устройств, в которых используются последовательные ключи.

## Практическая работа 25. Характеристики операционного усилителя.

### Эксперимент 1. Измерение входных токов.

Открыть файл c11\_001. Включить схему. Измерить входные токи ОУ. Произвести расчёты.

1. Измерить ток  $I_1$  неинвертирующего входа.
2. Измерить ток  $I_2$  инвертирующего входа.
3. Рассчитать средний входной ток  $I_{вх}$ :

$$I_{вх} = (I_1 + I_2) / 2, \text{ А.}$$

4. Рассчитать разность входных токов  $\Delta I_{вх}$ :

$$\Delta I_{вх} = |I_1 - I_2|, \text{ А.}$$

### Эксперимент 2. Измерение напряжения смещения.

Открыть файл c11\_002. Включить схему. Произвести измерения и расчёты.

1. Измерить выходное напряжение усилителя  $U_{вых}$ .
2. Рассчитать коэффициент усиления схемы:

$$K_u = - R_2 / R_1.$$

3. Рассчитать напряжение смещения  $U_{см}$ :

$$U_{см} = U_{вых} / K_u, \text{ В.}$$

### Эксперимент 3. Измерение входного и выходного сопротивлений.

а) Открыть файл c11\_003. Включить схему.

1. Измерить входной ток  $I_{вх1}$ , мкА.
2. Измерить выходное напряжение  $U_{вых1}$ , мВ.
- б) Переключить ключ в положение «Откл».
3. Измерить входной ток  $I_{вх2}$ , мкА.
4. Измерить выходное напряжение  $U_{вых2}$ , мВ.
5. Рассчитать изменения выходного напряжения,  $\Delta U_{вых}$ :

$$\Delta U_{вых} = |U_{вых1} - U_{вых2}|, \text{ мВ.}$$

6. Рассчитать изменения входного тока,  $\Delta I_{вх}$ :

$$\Delta I_{вх} = |I_{вх1} - I_{вх2}|, \text{ мкА.}$$

7. Рассчитать входное дифференциальное сопротивление ОУ:

$$R_{вх \text{ диф}} = \Delta U_{вх} / \Delta I_{вх}, \text{ Ом.}$$

Входное дифференциальное сопротивление должно быть в пределах 10 кОм...10 Мом.

8. Рассчитать выходное дифференциальное сопротивление ОУ:

$$R_{вых \text{ диф}} = \Delta U_{вых} / \Delta I_{вх}, \text{ Ом.}$$

Выходное дифференциальное сопротивление должно быть в пределах 20...2000 Ом.

### Эксперимент 4. Измерение времени нарастания выходного напряжения ОУ.

Открыть файл c11\_004. Включить схему.

1. Зарисовать осциллограмму выходного напряжения.
2. Определить амплитуду  $U_{вых}$ , В.
3. Рассчитать скорость нарастания выходного напряжения ОУ  $V_{U_{вых}}$ :

$$V_{U_{вых}} = U_{вых} / t_{уст}, \text{ В/мкс.}$$

### Ответить на вопросы:

1. Отличается ли измеренное значение среднего входного тока  $I_{вх}$  от его номинального значения для ОУ LM741?
2. Существенно ли отличие разности входных токов от номинального значения для ОУ LM741?
3. Совпадают ли измеренное значение напряжения смещения с номинальным значением для ОУ LM741?

4. Сравнить величину измеренного входного сопротивления с паспортными данными на ОУ LM741.
5. Сравнить величину измеренного выходного сопротивления с паспортными данными на ОУ LM741.
6. Сравнить величины входного и выходного сопротивлений ОУ.
7. Отличается ли экспериментальное значение скорости нарастания выходного напряжения от номинального значения?
8. В чём причина возникновения входных токов ОУ и разности выходных токов? К чему они приводят при работе схем на ОУ?

*Паспортные данные ОУ LM741:*

- *Средний входной ток 0,08 мкА*
- *Разность входных токов 0,02 мкА*
- *Напряжение смещения 1 мВ*
- *Входное сопротивление 2 МОм*
- *Выходное сопротивление 75 Ом*
- *Скорость нарастания выходного напряжения 0,5 В/мкс.*

## Практическая работа 26. Неинвертирующий ОУ.

**Эксперимент 1.** Работа неинвертирующего ОУ в режиме усиления синусоидального сигнала.

Открыть файл c11\_005.

1. Рассчитать  $K_u$ :

$$K_u = 1 + R_1/R_2.$$

2. Включить схему.

3. Измерить  $U_{вх}$ .

4. Измерить  $U_{вых}$ .

5. Измерить постоянную составляющую выходного напряжения  $U_{0вых}$ .

6. Измерить разность фаз между входным и выходным напряжением.

7. Рассчитать напряжение смещения  $U_{см}$ :

$$U_{см} = U_{вых}/K_u, В.$$

8. Рассчитать постоянную составляющую выходного напряжения  $U_{0вых}$ :

$$U_{0вых} = U_{см} * K_u, В.$$

9. Сравнить  $U_{0вых}$  из п. 5 и п. 8.

**Эксперимент 2.** Исследование влияния параметров схемы на режим её работы.

1. Уменьшить значение  $R_1$  до 10 кОм.

2. Увеличить амплитуду напряжения генератора до 100 мВ.

3. Установить масштаб напряжения на входе осциллографа 100мВ/дел, а на канале В – 500 мВ/дел.

4. Включить схему.

5. Повторить пп. 1-9 из эксперимента 1.

## Инвертирующий ОУ.

**Эксперимент 3.** Работа инвертирующего ОУ в режиме усиления синусоидального сигнала.

Открыть файл c11\_006.

1. Рассчитать  $K_u$ :

$$K_u = -R_f/R_1.$$

2. Включить схему.

3. Измерить  $U_{вх}$ .

4. Измерить  $U_{вых}$ .

5. Измерить постоянную составляющую выходного напряжения  $U_{0вых}$ .

6. Измерить разность фаз между входным и выходным напряжением.

7. Рассчитать напряжение смещения  $U_{см}$ :

$$U_{см} = U_{вых}/K_u, В.$$

8. Рассчитать постоянную составляющую выходного напряжения  $U_{0вых}$ :  
 $U_{0вых} = U_{см} * K_u, В.$

9. Сравнить  $U_{0вых}$  из п. 5 и п. 8.

**Эксперимент 4.** Исследование влияния параметров схемы на режим её работы.

1. Установить значение  $R_1$  равным 10 кОм.
2. Увеличить амплитуду напряжения генератора до 100 мВ.
3. Установить масштаб напряжения на входе осциллографа 100мВ/дел, а на канале В – 500 мВ/дел.
4. Включить схему.
5. Повторить пп. 1-9 из эксперимента 1.

**Ответить на вопросы.**

1. Какова разность фаз между входным и выходным сигналами неинвертирующего усилителя на ОУ?
2. Существенно ли различие в значениях для измеренной и вычисленной постоянной составляющей выходного напряжения  $U_{0вых}$  в схеме неинвертирующего усилителя?
3. Чем определяется постоянная составляющая выходного напряжения  $U_{0вых}$ ?
4. Какова разность фаз между входным и выходным сигналами инвертирующего усилителя на ОУ?
5. Существенно ли различие в значениях для измеренной и вычисленной постоянной составляющей выходного напряжения  $U_{0вых}$  в схеме инвертирующего усилителя?
6. Сколько процентов от амплитуды выходного напряжения в эксперименте 1 составляет постоянная составляющая выходного напряжения инвертирующего усилителя?
7. Какие параметры схемы инвертирующего усилителя влияют на его коэффициент усиления?
8. Как влияет коэффициент усиления инвертирующего усилителя на постоянную составляющую выходного напряжения?
9. В схеме неинвертирующего ОУ перечислить назначение резисторов.
10. В схеме инвертирующего ОУ перечислить назначение резисторов.

## **Практическая работа 27. Исследование компараторов на ОУ.**

### **1. Исследование характеристик детектора нулевого уровня с подачей сигнала на неинвертирующий вход ОУ.**

Открыть файл c11\_007. Зарисовать характеристику вход-выход. Определить пороговое напряжение. Перевести осциллограф в режим У/Т. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений. Определить пороговое напряжение.

### **2. Исследование характеристик детектора нулевого уровня с подачей сигнала на инвертирующий вход ОУ.**

Открыть файл c11\_008. Зарисовать характеристику вход-выход. Определить пороговое напряжение. Перевести осциллограф в режим У/Т. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений. Определить пороговое напряжение.

### **3. Исследование характеристик компаратора с положительным опорным напряжением.**

Открыть файл c11\_009. Зарисовать характеристику вход-выход. Определить пороговое напряжение. Перевести осциллограф в режим У/Т. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений. Определить пороговое напряжение.

### **4. Исследование характеристик компаратора с отрицательным опорным напряжением.**

Открыть файл c11\_010. Зарисовать характеристику вход-выход. Определить пороговое напряжение. Перевести осциллограф в режим У/Т. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений. Определить пороговое напряжение.

### **5. Исследование характеристик компаратора с опорным напряжением, задаваемым стабилитроном.**

Открыть файл c11\_011. Зарисовать характеристику вход-выход. Определить пороговое напряжение. Перевести осциллограф в режим У/Т. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений. Определить пороговое напряжение.

### **6. Исследование характеристик компаратора с фиксацией выходного напряжения.**

Открыть файл c11\_012. Зарисовать характеристику вход-выход. Определить пороговое напряжение. Перевести осциллограф в режим У/Т. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений. Определить пороговое напряжение.

### **7. Исследование характеристик компаратора с фиксированной зоной входного напряжения.**

Открыть файл c11\_013. Зарисовать характеристику вход-выход. Определить пороговое напряжение. Перевести осциллограф в режим У/Т. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений. Определить пороговое напряжение.

**Вывод: ответить на вопросы.**

1. Чем определяется точность задания порогов входного напряжения в схемах детекторов уровня на ОУ?
2. На чём основана работа компаратора с фиксированной зоной входного напряжения?
3. Каковы особенности применения ОУ в схемах компараторов?



## Практическая работа 28. Суммирование напряжений в схемах на ОУ.

### Эксперимент 1. Суммирование постоянных напряжений.

Открыть файл c11\_015. Включить схему.

1. Измерить ток первого сигнала  $I_1$ .
2. Измерить ток второго сигнала  $I_2$ .
3. Измерить суммарный ток  $I$ .
4. Измерить ток в цепи обратной связи  $I_{oc}$ .
5. Измерить выходное напряжение  $U_{вых}$ .
6. Рассчитать ток первого сигнала  $I_1$ :  
 $I_1 = U_1/R_1$ .
7. Рассчитать ток второго сигнала  $I_2$ :  
 $I_2 = U_2/R_2$ .
8. Рассчитать суммарный ток  $I$ :  
 $I = I_1 + I_2$ .
9. Рассчитать ток в цепи обратной связи  $I_{oc}$ :  
 $I_{oc} = -U_{вых}/R_{oc}$ .
10. Рассчитать выходное напряжение  $U_{вых}$ :  
 $U_{вых} = -(I_1 + I_2) \cdot R_{oc} = -(U_1/R_1 + U_2/R_2) \cdot R_{oc} = -(R_{oc}/R) \cdot (U_1 + U_2)$ .
11. Сравнить значения п. 1 и 6.
12. Сравнить значения п. 2 и 7.
13. Сравнить значения п. 3 и 8.
14. Сравнить значения п. 4 и 9.
15. Сравнить значения п. 5 и 10.

### Эксперимент 2. Суммирование постоянного и переменного напряжения.

Открыть файл c11\_016. Включить схему.

1. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений.
2. Измерить постоянную составляющую и амплитуду выходного напряжения.
3. Вычислить постоянную составляющую и амплитуду выходного напряжения.
4. Установить  $R_2 = 2,5 \text{ кОм}$ .
5. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений.
6. Измерить постоянную составляющую и амплитуду выходного напряжения.
7. Вычислить постоянную составляющую и амплитуду выходного напряжения.

### Эксперимент 3. Суммирование переменных напряжений.

Открыть файл c11\_017. Включить схему.

1. Зарисовать осциллограммы входного и выходного напряжений.
2. Измерить амплитуды входного и выходного напряжений.
3. Вычислить амплитуду выходного напряжения по значениям амплитуд  $U_1$  и  $U_2$ .

### Ответить на вопрос:

1. Предложить схему для суммирования трёх и более входных напряжений.

## Практическая работа 29. Дифференцирующие и интегрирующие схемы на основе ОУ.

### 1. Переходный процесс в схеме интегратора.

Открыть файл c11\_018.

Включить схему. Зарисовать осциллограммы  $U_{вх}(t)$ ,  $U_{вых}(t)$  при  $U_{вх}=5В$ . Измерить  $U_{мах\ вх}$ ,  $U_{мах\ вых}$ . Определить скорость изменения  $U_{вых}$ .

### 2. Влияние амплитуды входного напряжения на переходный процесс в схеме интегратора.

В предыдущей схеме установить  $U_{вх}=2В$ . Зарисовать осциллограммы  $U_{вх}(t)$ ,  $U_{вых}(t)$  при  $U_{вх}=5В$ . Измерить  $U_{мах\ вх}$ ,  $U_{мах\ вых}$ . Определить скорость изменения  $U_{вых}$ .

### 3. Влияние параметров схемы на переходный процесс в схеме интегратора.

Открыть файл c11\_018. Установить  $R1=5кОм.$ ,  $U_{вх}=5В$ .

Включить схему. Зарисовать осциллограммы  $U_{вх}(t)$ ,  $U_{вых}(t)$  при  $U_{вх}=5В$ . Измерить  $U_{мах\ вх}$ ,  $U_{мах\ вых}$ . Определить скорость изменения  $U_{вых}$ .

Установить  $C=0,02$  мкФ. Зарисовать осциллограммы  $U_{вх}(t)$ ,  $U_{вых}(t)$  при  $U_{вх}=5В$ . Измерить  $U_{мах\ вх}$ ,  $U_{мах\ вых}$ . Определить скорость изменения  $U_{вых}$ .

### 4. Переходный процесс в схеме дифференциатора на ОУ.

Открыть файл c11\_019.

Включить схему. Зарисовать осциллограммы  $U_{вх}(t)$ ,  $U_{вых}(t)$  при  $U_{вх}=5В$ . Измерить  $U_{мах\ вх}$ ,  $U_{мах\ вых}$ . Определить скорость изменения  $U_{вых}$ .

Рассчитать  $U_{вых} = -R2 * C * (\Delta U_{вх} / \Delta t)$ .

### 5. Влияние частоты входного напряжения на выходное напряжение дифференциатора.

В предыдущей схеме установить частоту 2 кГц. Зарисовать осциллограммы  $U_{вх}(t)$ ,  $U_{вых}(t)$  при  $U_{вх}=5В$ . Измерить  $U_{мах\ вх}$ ,  $U_{мах\ вых}$ . Определить скорость изменения  $U_{вых}$ .

Рассчитать  $U_{вых} = -R2 * C * (\Delta U_{вх} / \Delta t)$ .

### 6. Влияние сопротивления в цепи обратной связи на выходное напряжение дифференциатора.

Установить частоту 1 кГц,  $R_2=10$  кОм. Зарисовать осциллограммы  $U_{вх}(t)$ ,  $U_{вых}(t)$  при  $U_{вх}=5В$ . Измерить  $U_{мах вх}$ ,  $U_{мах вых}$ . Определить скорость изменения  $U_{вых}$ .

Рассчитать  $U_{ВЫХ} = -R_2 * C * (\Delta U_{ВХ} / \Delta t)$ .

### **7. Влияние ёмкости конденсатора на выходное напряжение дифференциатора.**

Установить  $R_2=5$ кОм,  $C= 0,1$  мкФ. Зарисовать осциллограммы  $U_{вх}(t)$ ,  $U_{вых}(t)$  при  $U_{вх}=5В$ . Измерить  $U_{мах вх}$ ,  $U_{мах вых}$ . Определить скорость изменения  $U_{вых}$ .

Рассчитать  $U_{ВЫХ} = -R_2 * C * (\Delta U_{ВХ} / \Delta t)$ .

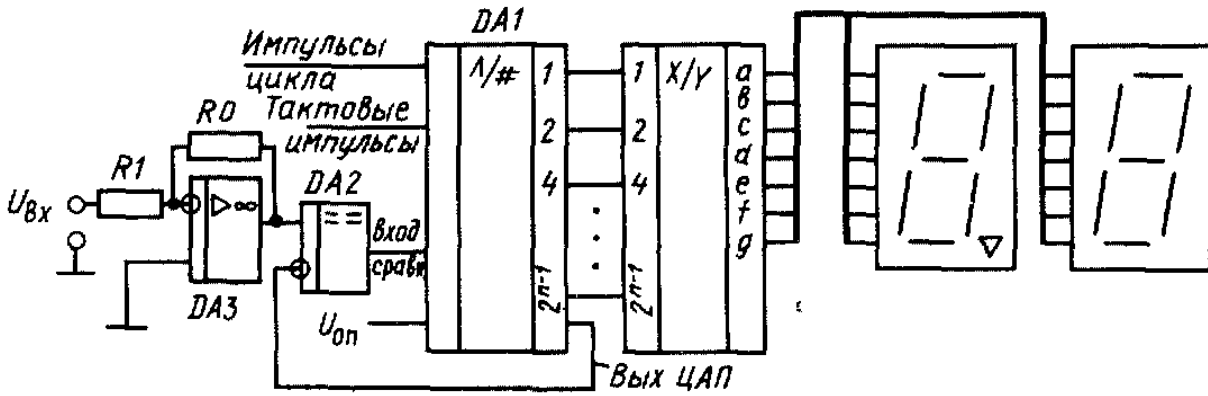
### **Вывод:**

**Сформулируйте вывод по пунктам 2,3,5,6,7 о влиянии соответствующих параметров на работу схем.**

## Практическая работа 30. Импульсные устройства.

### 1. Цифровой вольтметр.

Собрать схему. Проверить работоспособность. Зарисовать осциллограммы.



### 2. Преобразователь напряжение – частота.

Собрать схему. Проверить работоспособность. Зарисовать осциллограммы.

