

## ОСВОЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** ознакомиться с принципом действия, основными параметрами и характеристиками лабораторного оборудования, используемого в учебном процессе; приобрести устойчивые навыки практической работы с контрольно-измерительной аппаратурой.

### ПРОГРАММА РАБОТЫ

1. Используя соответствующие режимы работы цифрового вольтметра, измерить:

- a) сопротивления трёх резисторов, выданных преподавателем.
- b) емкость трех конденсаторов, выданных преподавателем.

Результаты измерений, включая промежуточные, занести в таблицу. Сравнить измеренные значения с номиналами компонентов, сделать выводы.

2. Руководствуясь показаниями встроенного вольтметра, установить на выходах лабораторного источника питания напряжения  $+12,5\text{ В}$  и  $-12,5\text{ В}$ , соответственно. Измерить указанные напряжения с помощью осциллографа (в двухканальном режиме) и цифрового вольтметра. Занести результаты измерений в таблицу. Сделать выводы о точности измерительных приборов.

3. С помощью органов управления установить параметры импульсов на основном выходе генератора АК ИП – 3408 (описание настройки сигналов на стр.14).

- a) синусоидальный сигнал

Среднее значение –  $1\text{ В}$

Амплитуда от пика до пика –  $4\text{ В}$

Частота –  $10\text{ кГц}$

- b) прямоугольный сигнал (square)

Максимальное значение –  $6\text{ В}$

Минимальное значение –  $-2\text{ В}$

Частота –  $50\text{ кГц}$

Коэффициент заполнения –  $50\%$

- c) пилообразный сигнал (ramp)

Максимальное значение –  $10\text{ В}$

Минимальное значение – 0 В

Частота – 100 кГц

Симметрия – 20%

d) импульсный сигнал (pulse)

Максимальное значение – 2 В

Минимальное значение – -2 В

Частота – 5 кГц

Длительность импульса – 800 мкс

При помощи осциллографа измерить и зарисовать параметры основных импульсов, вырабатываемых генератором. Полученные значения сравнить с заданными, сделать выводы.

## Часть 2. Мультивибратор

**Мультивибратор** — это простейший генератор прямоугольных импульсов. При питании такая схема начинает самостоятельно переключаться между двумя состояниями, формируя периодический сигнал.

### Основные компоненты схемы:

- VT1 и VT2 – n-p-n биполярные транзисторы;
- R2 и R3 – резисторы в базах транзисторов (формируют ток базы);
- R1 и R4 – резисторы в коллекторах (нагрузка транзистора);
- C1 и C2 — конденсаторы обратной связи (связывают коллектор одного транзистора с базой другого);
- HL1 и HL2 – светодиоды;
- V1 – источник питания +5В.

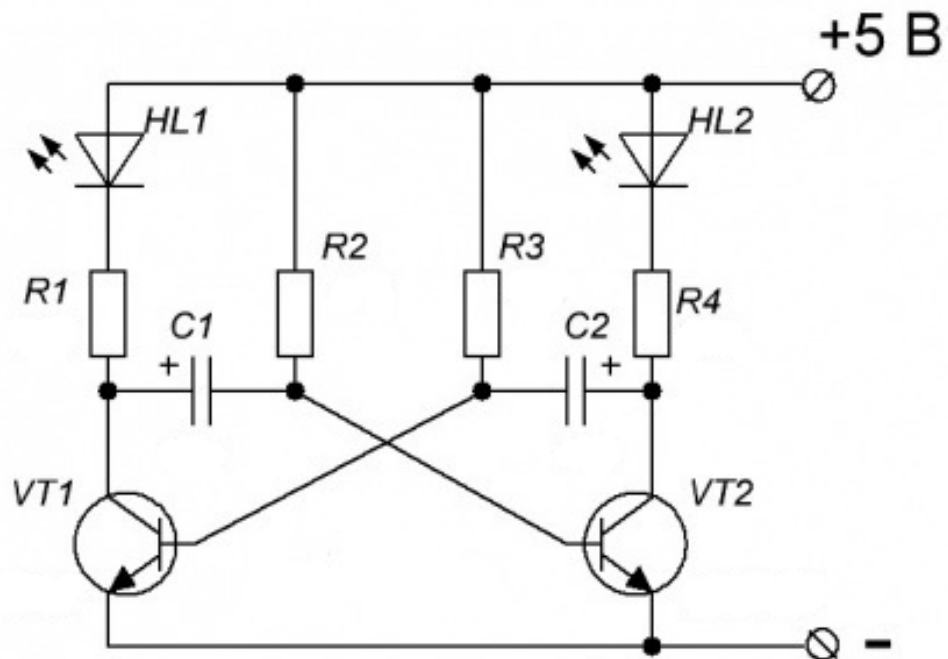


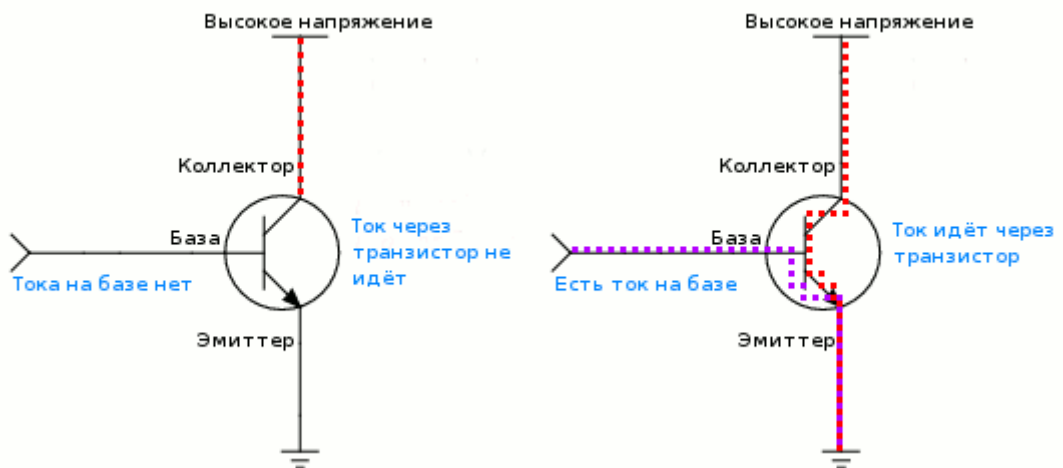
Рисунок 1 – Схема мультивибратора

## Принцип работы мультивибратора

1. Биполярный транзистор имеет 3 вывода: база (В), коллектор (С), эмиттер (Е).

Для n-p-n транзистора:

- Чтобы транзистор открылся, напряжение на базе должно быть выше, чем на эмиттере, примерно на 0.6–0.7 В – напряжение открытия перехода база-эмиттер.
- Когда транзистор открыт, ток свободно идёт через коллектор в эмиттер.
- Когда транзистор закрыт, ток через него не идёт.



**Рисунок 2** – Принцип работы NPN транзистора

2. Как только включается питание схемы мультивибратора, на резисторы R2 и R3 подается напряжение +5 В. Через них ток начинает заряжать базы обоих транзисторов.

Однако, из-за отклонения параметров электронных компонентов от идеальных в реальности, один транзистор откроется немного быстрее.

Примем, что это транзистор VT1:

- Через R3 на базу VT1 начинает поступать ток. Когда напряжение на базе VT1 достигает примерно 0.6–0.7 В, переход база-эмиттер становится проводящим – транзистор VT1 открывается.

- Ток начинает течь от + питания через R1, через светодиод HL1 и через открытый транзистор VT1 на землю.

- Напряжение на коллекторе VT1 резко падает почти до 0 В. Конденсатор C1 соединяет коллектор VT1 с базой VT2. Когда на коллекторе VT1 напряжение резко падает вниз, через C1 этот резкий спад напряжения передается на базу VT2. На базе VT2 создается отрицательный скачок напряжения, она становится ниже 0 В – напряжение база-эмиттер VT2 становится отрицательным (база < эмиттер) ⇒ транзистор VT2 закрывается

- Конденсатор C1, соединяющий коллектор VT1 и базу VT2, начинает постепенно заряжаться через резистор R2. Напряжение на базе транзистора VT2 растет до тех пор, пока оно достигнет порога открытия (примерно 0.6 В), после чего транзистор VT2 открывается.

- Транзистор VT2 открыт ⇒ ток начинает течь от + питания через R4, через светодиод HL2 и через открытый транзистор VT2 на землю.

- Напряжение на коллекторе VT2 резко падает почти до 0 В. Конденсатор C2 соединяет коллектор VT2 с базой VT1. Резкий спад напряжения передается на базу VT1 ⇒ VT1 закрывается

- Конденсатор C2, соединяющий коллектор VT2 и базу VT1, начинает постепенно заряжаться через резистор R3. Напряжение на транзистора VT1 растет до тех пор, пока оно достигнет порога открытия (примерно 0.6 В), после чего транзистор VT1 открывается.

**Данный процесс продолжает циклически повторяться!**

Мультивибратор — это самоосциллирующая схема. Она постоянно переключается между двумя состояниями, потому что:

- конденсаторы создают временные задержки;
- при переключении одного транзистора он влияет на другой через обратную связь;
- каждый транзистор выключает другой

## Временные параметры мультивибратора

Частота переключения в мультивибраторе на транзисторах определяется временем зарядки и разрядки конденсаторов обратной связи через резисторы. Каждое переключение происходит тогда, когда соответствующий конденсатор зарядится до напряжения, достаточного для открытия закрытого транзистора.

1. Длительность импульса на выходе транзистора VT1:

$$t_1 = 0.7 \cdot R3 \cdot C2$$

Длительность импульса на выходе транзистора VT2:

$$t_2 = 0.7 \cdot R2 \cdot C1$$

2. Период переключения мультивибратора:

$$T = t_1 + t_2 = 0.7 \cdot R3 \cdot C2 + 0.7 \cdot R2 \cdot C1$$

Если схема симметричная:

$$T = 1.4 \cdot R \cdot C$$

3. Частота генерации импульсов мультивибратором:

$$f = \frac{1}{T}$$

Чем больше R, тем медленнее зарядка конденсатора  $\Rightarrow$  период длиннее

Больше C  $\Rightarrow$  дольше зарядка  $\Rightarrow$  период увеличивается

### Задание

1. Снять осциллограммы на выходах транзисторов VT1 и VT2. Определить фактическую длительность импульсов, частоту и период переключения мультивибратора. Рассчитать теоретические значения и сравнить с полученными.
2. Снять и построить сфазированные осциллограммы:
  - а) Напряжение база-эмиттер VT1 и VT2.
  - б) Напряжение коллектор-эмиттер VT1 и VT2.