

## Лабораторная работа № 9

### Тема: Исследование транзистора

**Цель работы:** Изучение основных характеристик и свойств полупроводникового транзистора.

Транзисторы являются ключевыми электронными устройствами и играют важную роль в различных электронных схемах. Существует два основных типа транзисторов: биполярные транзисторы (NPN и PNP) и полевые транзисторы (MOSFET и IGBT). Рассмотрим их роли в электронных схемах:

#### 1. Усиление сигнала:

- Биполярные транзисторы, такие как NPN и PNP, могут использоваться для усиления электрических сигналов. Они работают в режиме усиления, где малый входной сигнал управляет большим выходным сигналом.

#### 2. Инверсия сигнала:

- Транзисторы могут также использоваться для инверсии сигнала. Это означает, что логический сигнал, поданный на вход, будет инвертирован на выходе. Это широко применяется в цифровых схемах.

#### 3. Выпрямление и усиление:

- Транзисторы могут выполнять функцию выпрямления переменного тока в постоянный ток. Это важно в блоках питания.

#### 4. Коммутация и ключевые функции:

- Транзисторы широко используются в качестве ключей в электронных схемах. Они могут быть включены и выключены для управления потоком тока в цепи, что особенно полезно в цифровых и управляющих схемах.

#### 5. Модуляция и управление:

- Транзисторы могут использоваться для модуляции сигналов и управления другими устройствами. Например, они часто применяются в усилителях звука, радиопередатчиках и других устройствах, где необходимо управление сигналами.

#### 6. Усилители мощности:

- Транзисторы используются в усилителях мощности для управления высокими уровнями мощности, например, в аудиоусилителях, усилителях на радиочастотах и усилителях сигналов в беспроводных коммуникациях.

#### 7. Логические элементы:

- Транзисторы играют важную роль в построении логических элементов, таких как инверторы, И-ИЛИ, И-НЕ и другие. Они образуют основу цифровых схем, таких как микросхемы и процессоры.

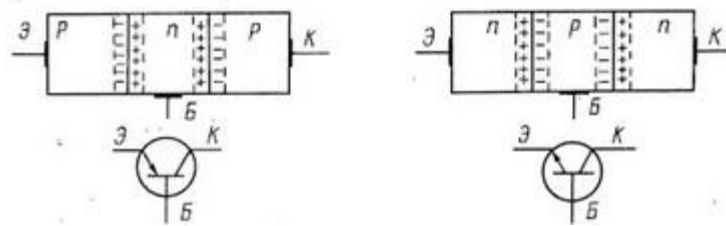
#### 8. Использование в радиочастотных устройствах:

- Транзисторы применяются в радиочастотных устройствах, таких как радиоприемники и передатчики, для усиления и обработки сигналов на различных частотах.

### Устройство и принцип действия биполярного транзистора

- Биполярный транзистор представляет собой полупроводниковый прибор, имеющий два электронно-дырочных перехода, образованных в одном монокристалле полупроводника. Эти переходы образуют в полупроводнике три области с различными типами электропроводности. Одна крайняя область называется эмиттером (Э), другая — коллектором (К), средняя — базой (Б). К каждой области припаивают металлические выводы для включения транзистора в электрическую цепь. Электропроводность эмиттера и коллектора противоположна электропроводности

базы. В зависимости от порядка чередования р- и п-областей различают транзисторы со структурой р-п-р и п-р-п. Условные графические обозначения транзисторов р-п-р и п-р-п отличаются лишь направлением стрелки у электрода, обозначающего эмиттер.



- Принцип работы транзисторов р-п-р и п-р-п одинаков, поэтому в дальнейшем будем рассматривать лишь работу транзистора со структурой р-п-р.

Электронно-дырочный переход, образованный эмиттером и базой, называется эмиттерным, а коллектором и базой — коллекторным. Расстояние между переходами очень мало: у высокочастотных транзисторов оно менее 10 микрон (1 мкм = 0,001 мм), а у низкочастотных не превышает 50 мкм.

При работе транзистора на его переходы поступают внешние напряжения от источника питания. В зависимости от полярности этих напряжений каждый переход может быть включен как в прямом, так и в обратном направлении. Различают три режима работы транзистора: 1) режим отсечки — оба перехода и, соответственно, транзистор полностью закрыты; 2) режим насыщения — транзистор полностью открыт; 3) активный режим — это режим, промежуточный между двумя первыми. Режимы отсечки и насыщения совместно применяются в ключевых каскадах, когда транзистор попеременно то полностью открыт, то полностью заперт с частотой импульсов, поступающих на его базу. Каскады, работающие в ключевом режиме, применяются в импульсных схемах (импульсные блоки питания, выходные каскады строчной развертки телевизоров и др.). Частично в режиме отсечки могут работать выходные каскады усилителей мощности.

Наиболее часто транзисторы применяются в активном режиме. Такой режим определяется подачей на базу транзистора напряжения небольшой величины, которое называется напряжением смещения ( $U_{см.}$ ). Транзистор приоткрывается и через его переходы начинает течь ток. Принцип работы транзистора основан на том, что относительно небольшой ток, текущий через эмиттерный переход (ток базы), управляет током большей величины в цепи коллектора. Ток эмиттера представляет собой сумму токов базы и коллектора.

### Режимы работы биполярного транзистора

- Режим **отсечки** транзистора получается тогда, когда эмиттерный и коллекторный р-п-переходы подключены к внешним источникам в обратном направлении. В этом случае через оба р-п-перехода протекают очень малые обратные токи эмиттера (ИЭБО) и коллектора (КББО). Ток базы равен сумме этих токов и в зависимости от типа транзистора находится в пределах от единиц микроампер — мкА (у кремниевых транзисторов) до единиц миллиампер — мА (у германиевых транзисторов).
- Если эмиттерный и коллекторный р-п-переходы подключить к внешним источникам в прямом направлении, транзистор будет находиться в режиме **насыщения**. Диффузионное электрическое поле эмиттерного и коллекторного переходов будет частично ослабляться электрическим полем, создаваемым внешними источниками  $U_{ЭБ}$  и  $U_{КБ}$ . В результате уменьшится потенциальный барьер, ограничивавший диффузию основных носителей заряда, и начнется проникновение (инжекция) дырок из эмиттера и коллектора в базу, то есть через

эмиттер и коллектор транзистора потекут токи, называемые токами насыщения эмиттера ( $I_{Э.нас}$ ) и коллектора ( $I_{К.нас}$ ).

- Для усиления сигналов применяется **активный режим** работы транзистора.

При работе транзистора в активном режиме его эмиттерный переход включается в прямом, а коллекторный — в обратном направлениях

Транзисторный ключ — это электронное устройство, которое может переключаться между двумя основными состояниями: открытым (проводящим) и закрытым (непроводящим). Такие ключи используют транзисторы в качестве основного коммутационного элемента. Они широко применяются в электронике для управления электрическими цепями, включая цифровую и аналоговую обработку сигналов. Вот основные характеристики и применения транзисторных ключей:

### Основные характеристики транзисторного ключа:

#### 1. Открытое состояние (On):

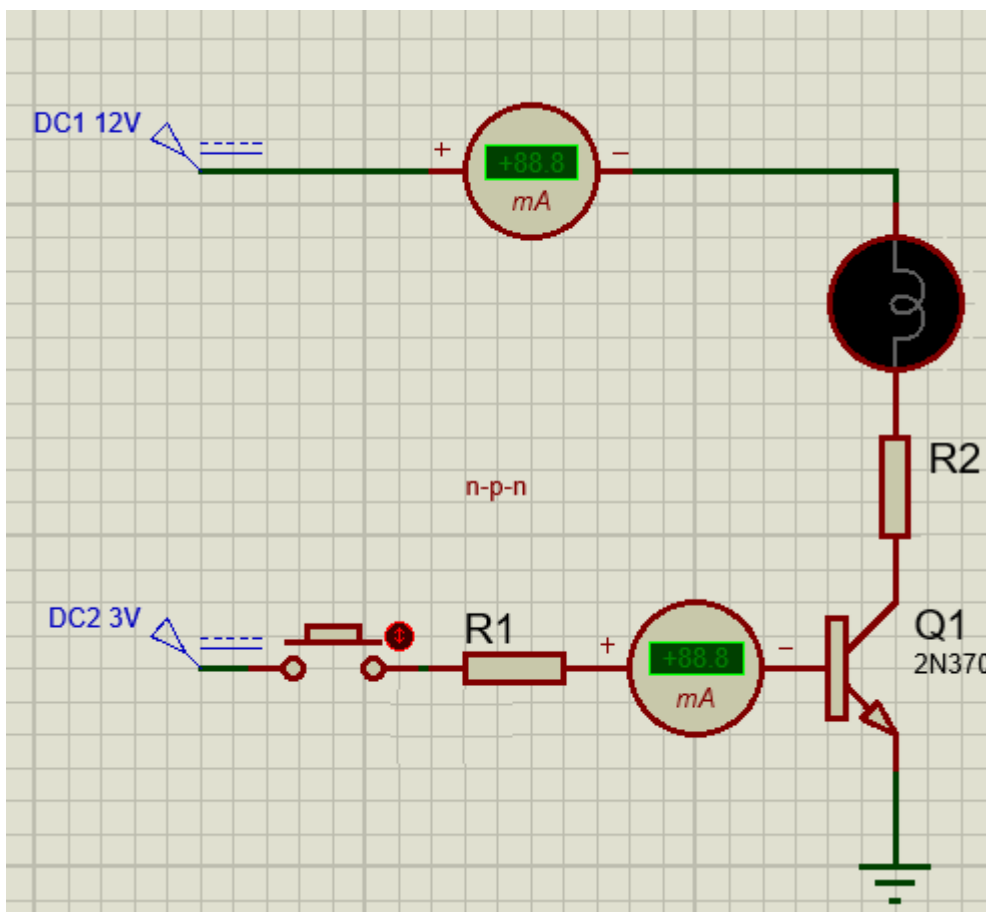
- В открытом состоянии транзистор обеспечивает низкое сопротивление между коллектором и эмиттером (в случае биполярных транзисторов) или между истоком и стоком (в случае полевых транзисторов).
- Ток может свободно проходить через ключ.

#### 2. Закрытое состояние (Off):

- В закрытом состоянии транзистор представляет собой высокое сопротивление для тока, что препятствует его прохождению.
- Ток блокируется, и ключ не проводит.

Практика.

Соберите схему:



Установите значения R1 и R2 согласно своему варианту:

№ варианта	R1, Ом	R2, Ом
1 (9)	800	6
2 (10)	1000	8
3 (11)	1200	10
4 (12)	600	12
5 (13)	800	10
6 (14)	1000	12
7 (15)	1200	6
8 (16)	600	8

Установите на источнике DC2 напряжение 3В, запустите симуляцию, зафиксируйте показания приборов. Затем сделайте тоже самое для напряжений 2В, 1В, 0.5В.

Запишите результаты в таблицу:

I <sub>вх</sub> , мА	I <sub>вых</sub> , мА

Сделайте выводы.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- скриншоты рабочего пространства программы Proteus со схемами;
- таблицы с результатами измерений;
- выводы.